

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA
SUPERVISIÓN, MONITOREO Y CONTROL DE UN
DOSIFICADOR-MEZCLADOR INDUSTRIAL DE
LÍQUIDOS DE VISCOSIDAD INTERMEDIA BASADO EN
DISPOSITIVOS PARA AUTOMATIZACIÓN”**

Tesis Presentada por los Bachilleres:
PACHA FLORES Daniel Fernando
RODRÍGUEZ RIVAS Rolando Johan

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO ELECTRÓNICO

**Arequipa – Perú
2015**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA SUPERVISIÓN,
MONITOREO Y CONTROL DE UN DOSIFICADOR-MEZCLADOR
INDUSTRIAL DE LÍQUIDOS DE VISCOCIDAD INTERMEDIA BASADO EN
DISPOSITIVOS PARA AUTOMATIZACIÓN”**

AUTORES: Daniel Fernando PACHA FLORES.
Rolando Johan RODRÍGUEZ RIVAS.

Tesis evaluada por el Jurado conformado por los Docentes:

Ing. Juan Quispe Yauyo (Presidente)

MSc. Ing. Raúl Sullá Torres (Vocal)

Mg. Ing. Victor Hugo Rivera Chávez (Secretario)

AREQUIPA PERÚ

2015

PRESENTACIÓN

Señor Decano de la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales.

Señor Director del Programa Profesional de Ingeniería Electrónica.

Señores Miembros del Jurado:

En cumplimiento de las disposiciones vigentes del Reglamento de Grados y Títulos del Programa Profesional de Ingeniería Electrónica, presentamos el trabajo de tesis titulado:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA SUPERVISIÓN, MONITOREO Y CONTROL DE UN DOSIFICADOR-MEZCLADOR INDUSTRIAL DE LÍQUIDOS DE VISCOCIDAD INTERMEDIA BASADO EN DISPOSITIVOS PARA AUTOMATIZACIÓN”; con el cual pretendemos obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico.

Esperamos que el presente trabajo sea de su conformidad y cumpla con los requisitos académicos y técnicos correspondientes.

Arequipa, Enero del 2015

Dedicatoria.



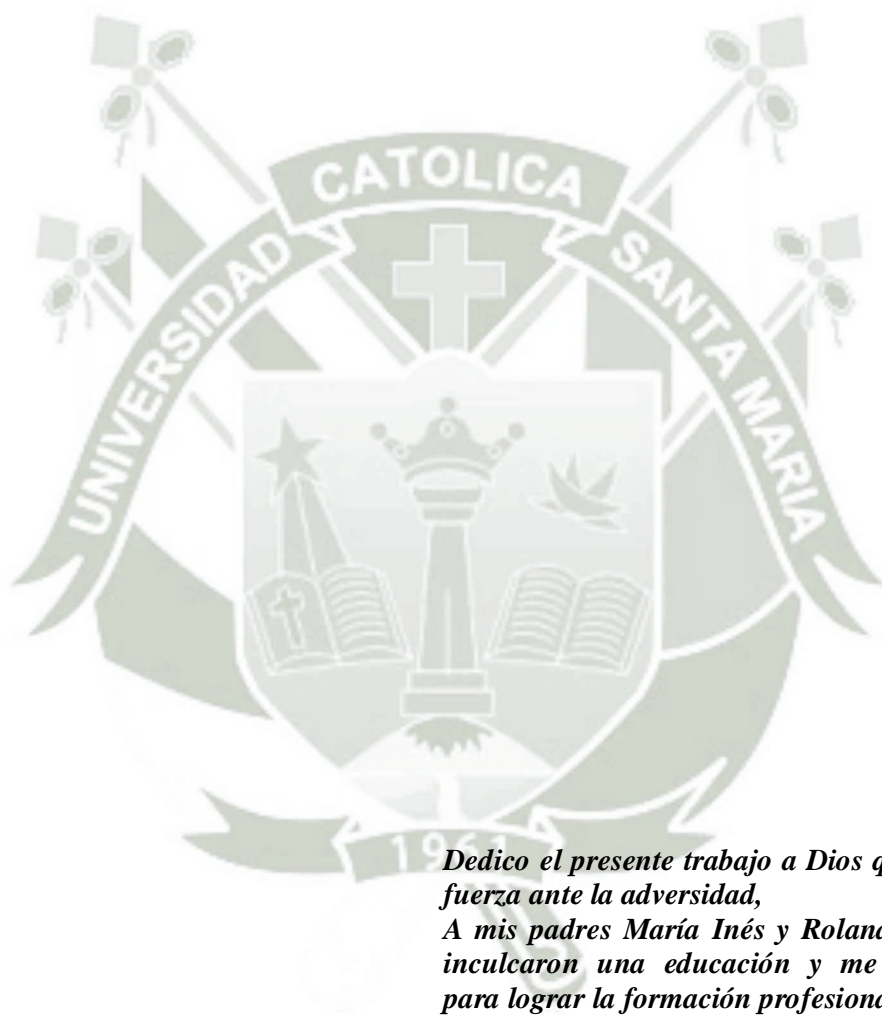
Dedico el presente trabajo a mis Padres Alejandro y Carmen, que supieron formarme con buenos sentimientos y valores a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Ismael y Elizabeth, que siempre me brindaron su apoyo incondicional.

Y a mi pequeña Dorita, que es mi inspiración y motor de voluntad.

Daniel Fernando

Dedicatoria.



*Dedico el presente trabajo a Dios que me dio
fuerza ante la adversidad,
A mis padres María Inés y Rolando que me
inculcaron una educación y me apoyaron
para lograr la formación profesional
A mis tíos Eddie Montanchez, Manuel
García, Carmen, Ana y Olga Rivas que
fueron motivo de admiración y respaldo en
todo momento.*

Rolando. J.

RESUMEN

El desarrollo de la presente Tesis, está orientada al Diseño e Implementación de un Sistema para “Supervisión, monitoreo y control de un dosificador-mezclador industrial de líquidos de viscosidad intermedia” supervisado por un sistema SCADA en una red industrial PROFIBUS/PROFINET, el cual permite controlar el proceso del sistema piloto de dosificación, tener un ahorro de dinero en la implementación del proceso y ahorro en el mantenimiento del mismo.

El objetivo es controlar el sistema piloto de dosificación formado por bombas que regularán la proporción de líquidos con un sensor de nivel ultrasónico como variable principal y un mezclador para dar homogeneidad al producto final.

En este sistema se han integrado tres variadores de frecuencia; de los cuales dos de ellos están conectadas a una red industrial PROFIBUS, un motor DC y un sensor de nivel integrado a un Autómata programable. Para su funcionamiento se creó un programa en lenguaje LADDER, haciendo uso del software TIA PORTAL de Siemens; además se implementaron dos interfaces hombre máquina (HMI): Una para mando manual a través del panel táctil y la otra para control y supervisión remoto por medio de un computador con el software WINCC Runtime advanced de Siemens, las mismas que están interconectadas a través de un switch al autómata S7-1200 a través de una interfaz industrial Ethernet (PROFINET).

El proyecto final fue sometido a pruebas y se comprobó una excelente comunicación entre los diferentes dispositivos integrados a través de los buses de campo.

ABSTRACT

This thesis, is oriented of the Design and Implementation of a System for "supervision, monitoring and control of an industrial intermediate viscosity liquid dosage-mixer ", supervised by a SCADA system in a PROFIBUS and PROFINET networks which allows the control of the mixer proces saving money and manteinance equipment.

The purpose is obtain the dosing system control with pumps that regulate the liquid proportion, a level sensor main variable and a mixer for the final product homogenizing.

The control system has been integrated three drives, a small dc motor and a level instrument to PLC that includes a communication and In/Out (digital-analog) modules.

It have been created a program in LADDER language in TIA PORTAL (Totally Integrated automation portal) siemens software; also, two human machine interfaces (HMI) have been implemented: For local control with panel KTP400 hardware and a remote control with personal computer (WinCC software). Network have been interconnected through a switch and the S7 PLC 1200 has an integrated Ethernet (PROFINET) Industrial interface.

The final project was tested and proved so it showed good performance as an excellent communication between Industrial networks.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatória.....	iv
Dedicatória.....	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xxii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxxi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xxxv
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO 1.....	4
1 FUNDAMENTACIÓN	5
1.1 Identificación del problema.....	5
1.2 Descripción del problema.....	5
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivos generales.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos.....	7
1.5 Variables.....	7

1.5.1	Variables independientes.....	7
1.5.2	Variables dependientes.	7
1.6	Hipótesis.	7
1.7	Alcances.....	8
CAPÍTULO 2.....		9
2	MARCO TEÓRICO.....	10
2.1	Proceso de dosificación y mezclado industrial.....	10
2.1.1	Dosificación.....	10
2.1.1.1	Proceso de dosificación.....	10
2.1.1.2	Precisión de los Dosificadores.	11
2.1.1.3	Tipos de Dosificadores.	12
2.1.1.3.1	Volumétricos	12
2.1.1.3.2	Gravimétricos	13
2.1.1.3.3	Dosificadores por decremento de peso.	13
2.1.1.4	Aplicaciones	14
2.1.1.4.1	Dosificación en la Industria Química.	14
2.1.1.4.2	Dosificación en la Industria Alimentaria	15
2.1.1.4.3	Dosificación en la Industria Farmacéutica.....	15
2.1.1.4.4	Dosificación en la industria minera.	16
2.1.2	Mezcla.....	16
2.1.2.1	Mezcladores.....	17

2.1.2.2	Estaciones de mezclado.....	17
2.1.2.3	Tipos de Mezcladores o Agitadores.....	18
2.1.2.3.1	Paletas.....	18
2.1.2.3.2	Turbina.....	18
2.1.2.3.3	Hélice.....	20
2.1.2.4	Aplicaciones de mezclas en Líquido.....	20
2.1.2.4.1	Industria Farmacéutica:	20
	Purificación de vitaminas.	20
2.1.2.4.2	Industria Química:.....	21
	Separación de olefinas y parafinas, procesamiento de polímeros.....	21
2.1.2.4.3	Industria Metalúrgica:	21
	Extracción de minerales metálicos.....	21
2.1.2.4.4	Industria Petrolera:	21
	Separación de compuestos aromáticos y alifáticos.	21
2.2	Fundamentos de automatismos y PLC's.	21
2.2.1	Introducción.....	21
2.2.2	Autómata Programable.	21
2.2.2.1	Secuencia de Operaciones en un PLC.....	22
2.2.2.2	Funciones Adicionales	23
2.2.3	Clasificación de los PLCs.	24
2.2.3.1	PLC tipo Nano:	24
2.2.3.2	PLC tipo Compactos:	25

2.2.3.3	PLC tipo Modular:	25
2.2.4	Direccionamiento de Entradas y Salidas.....	26
2.2.5	Módulos de Expansión E/S Analógicos.....	29
2.2.6	Ventajas del PLC.	30
2.2.7	Desventajas del PLC.	31
2.3	PLC SIEMENS S7-1200.	31
2.3.1	Introducción.....	31
2.3.2	Capacidad de expansión de la CPU.	32
2.3.3	Módulos de señales.....	33
2.3.4	Montaje.	33
2.3.4.1	Corriente Necesaria.....	34
2.3.5	Tareas que realizan en cada ciclo el CPU.	35
2.3.6	Datos Almacenados en bits, bytes y palabras.....	37
2.3.7	Almacenamiento de datos, áreas de memoria y direccionamiento.....	38
2.3.8	Tipo De Datos.....	39
2.4	Sensores y Actuadores.....	40
2.4.1	Definición Sensores.	40
2.4.2	Tipos de Sensores.	41
2.4.2.1	Sensores Inductivos.....	41
2.4.2.1.1	Ventajas:	42
2.4.2.1.2	Inconvenientes:	43
2.4.2.1.3	Aplicaciones:.....	43
2.4.2.2	Sensor Capacitivo	43

2.4.2.2.1	Funcionamiento:.....	44
2.4.2.2.2	Ventajas:	44
2.4.2.2.3	Inconvenientes:	45
2.4.2.2.4	Aplicaciones:.....	45
2.4.2.3	Sensores Neumáticos:	45
2.4.2.4	Final de Carrera	46
2.4.2.5	Sensores Ultrasónicos	46
2.4.2.6	Sensores Magnéticos.....	47
2.4.2.7	Encoders	48
2.4.2.8	Sensor de Temperatura.....	48
2.4.3	Definición de actuadores.....	49
2.4.4	Tipos de Actuadores.	49
2.4.4.1	Actuadores Neumáticos.....	49
2.4.4.2	Actuadores Hidráulicos	51
2.4.4.3	Actuadores Eléctricos.....	52
2.4.4.4	Actuadores Electromagnéticos	52
2.4.4.5	Reductor de velocidad.....	53
2.4.4.6	Bombas.....	54
2.4.4.6.1	Bomba Dosificadora.....	55
2.4.4.6.2	Bomba dosificadora peristáltica.	55
2.4.4.6.3	Bomba Centrífuga	57
2.4.4.7	Variadores de Frecuencia.	58
2.4.4.7.1	Problemas que surgen en el Arranque de Motores Asíncronos.	58

2.4.4.7.2 Factores a tener en cuenta a la hora de diseñar un sistema de regulación de velocidad.....	59
2.4.4.7.3 Diagrama de bloques	61
2.4.4.7.4 Composición de los Variadores.....	62
2.4.4.7.5 Principales Modos de Funcionamiento de un Variador.....	65
2.4.4.7.6 Ventajas de la utilización del Variador de Velocidad en el arranque de motores asíncronos.	66
2.4.4.7.7 Inconvenientes de un variador de velocidad.....	66
2.5 Protocolos de comunicación industrial.....	67
2.5.1 Hart.	68
2.5.2 Profibus.	69
2.5.3 Foundation Fieldbus.....	70
2.5.4 Modbus.....	70
2.5.5 Devicenet.....	71
2.6 Estrategia de control.....	72
2.6.1 Sistemas en Bucle o lazo Abierto.....	72
2.6.2 Sistema en bucle o lazo cerrado.....	72
2.6.3 Control Todo o Nada	73
2.6.4 Control PID	74
CAPITULO 3.....	75
3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE DEL SISTEMA.....	76

3.1	Diseño, construcción e implementación mecánica.	76
3.1.1	Sistema de dosificación de líquidos.....	76
3.1.1.1	Diseño e implementación de tanques para dosificación.....	76
3.1.1.2	Diseño, construcción e implementación de una bomba peristáltica. ..	80
3.1.1.3	Integración de la bomba a un motor y reductor.....	82
3.1.1.3.1	Motor asíncrono EPLI SAC.....	82
3.1.1.4	Moto reductor EPLI SAC: ISO 9001	84
3.1.1.5	Base para Bomba Peristáltica	84
3.1.1.6	Implementación de bombas centrífugas GTP70/075	86
3.1.1.6.1	Parámetros Eléctricos.....	87
3.1.1.6.2	Aplicaciones.....	87
3.1.1.6.3	Características Técnicas	88
3.1.2	Sistema de Mezclado.	89
3.1.2.1	Tanque Almacenamiento del Mezclado.....	89
3.1.2.2	Paleta Mezcladora.....	91
3.1.2.3	Circuito de Protección para el PLC.....	92
3.1.3	Sistema de Drenaje.	94
3.1.3.1	Bomba centrífuga.....	94
3.1.4	Soporte para los elementos mecánicos del sistema piloto.	95
3.1.5	Tuberías y Conexiones.....	96
3.2	Diseño e implementación del sistema eléctrico y electrónico.....	97
3.2.1	Sistema de fuerza.....	98
3.2.1.1	Módulo de control de Fuerza (variador altivar 32 y altivar 312).....	98

3.2.1.1.1	Variador ALTIVAR 32	99
3.2.1.1.2	Esquema de comunicación y cableado de variador altivar 32.	99
3.2.1.1.3	Variador ALTIVAR 312	101
3.2.1.1.4	Esquema de Comunicación y Cableado de Variador ALTIVAR 312 102	
3.2.1.1.5	Fuente de Poder.....	105
3.2.1.2	Módulo de Variador SINAMICS G 120.	106
3.2.1.2.1	Variador SINAMICS G120.	107
3.2.1.2.2	Esquema de comunicación y cableado de variador altivar 312.	107
3.2.1.2.3	Circuito elevador de tensión.	109
3.2.1.2.4	Guarda motor	110
3.2.1.2.5	Llave termo magnética.	111
3.2.1.2.6	Esquema cableado fuerza de variadores.....	112
3.2.2	Sistema de control.....	113
3.2.2.1	Módulo - PLC S7 1200	113
3.2.2.1.1	PLC siemens S7-1200	116
3.2.2.1.2	Módulo I/O analógicas.	117
3.2.2.1.3	Módulo de comunicación PROFIBUS del PLC S7-1200.	118
3.2.2.1.4	HMI (Interfaz Hombre-Máquina)	121
3.2.2.2	Sensor de nivel ultrasónico OSISONIC xx930a1a2m12	122
3.2.2.2.1	Circuito convertidor de señal (sensor ultrasónico de nivel).	124

3.2.2.3	Procedimiento y modo de configuración manual del sensor de nivel osisonic xx930A1A2M12	125
3.2.2.4	Red de comunicación Profinet.....	127
CAPITULO 4.....		128
4	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE DEL SISTEMA PILOTO.	129
4.1	Configuración del software TIA PORTAL.	129
4.1.1	Vista General del TIA Portal.....	129
4.1.2	Concepto de Ingeniería.	130
4.1.2.1	Sistema de Ingeniería.	130
4.1.2.2	Gestión de Datos.....	131
4.1.2.2.1	Gestión de datos centralizada.....	131
4.1.2.2.2	Direccionamiento simbólico global	131
4.1.2.2.3	Concepto de librería	132
4.1.3	Vistas del TIA Portal.....	133
4.1.4	Vista del proyecto.....	134
4.1.5	Creación de un nuevo Proyecto.....	136
4.1.5.1	Crear un Proyecto	137
4.1.5.1.1	Procedimiento para creación de nuevo proyecto.	137
4.1.5.1.2	Insertar y configurar un Controlador.....	138
4.1.5.1.3	Resultado	139
4.1.5.1.4	Función del editor de dispositivos y redes.....	140
4.1.5.1.5	Vista de redes.....	140

4.1.5.1.6	Vista de dispositivos.....	142
4.1.5.2	Configurar el controlador	142
4.1.5.2.1	Requisitos	142
4.1.5.2.2	Procedimiento	142
4.1.5.2.3	Resultado	144
4.1.5.3	Crear el programa	144
4.1.5.3.1	Introducción.....	144
4.1.5.3.2	Bloques de Organización.....	144
4.1.5.3.3	Abrir un bloque de Organización.....	146
4.2	Levantamiento de red industrial Profibus/Profinet.	149
4.2.1	Hardware para Profibus DP.....	150
4.2.1.1	Autómata S7-1200 Siemens (MAESTRO Profibus DP).....	150
4.2.1.1.1	Integración S7-1200 en TIA portal	150
4.2.1.1.2	Direccionamiento.	153
4.2.1.2	ALTIVAR 32 Schneider Electric. (ESCLAVO Profibus DP)	155
4.2.1.2.1	Telegramas.....	155
4.2.1.2.2	Configuración ATV32.....	155
4.2.1.2.3	Integración Altivar 32 en TIA portal.....	156
4.2.1.2.4	Direccionamiento.	158
4.2.1.3	SINAMICS G120C Siemens (ESCLAVO Profibus DP).....	159
4.2.1.3.1	Telegramas.....	159
4.2.1.3.2	Configuración Sinamics G120C.	159

4.2.1.3.3	Integración Sinamics G120C en TIA portal.	161
4.2.1.3.4	Direccionamiento.	162
4.2.2	Softwarey/Hardware PROFINET.....	163
4.2.2.1	Integración Simatic HMI Ktp 400 siemens.	163
4.2.2.1.1	Direccionamiento.	164
4.2.2.2	Integración WinCC Run Time Advanced Siemens	164
4.2.2.2.1	Direccionamiento.	165
4.2.3	Hardware independiente:	166
4.2.3.1	Integración ALTIVAR 312 en Tia portal.....	166
4.2.3.1.1	Configuración.....	166
4.2.3.1.2	Direccionamiento	169
4.2.3.2	Integración Sensor de nivel Ultrasónico OSISONIC.....	170
4.2.3.2.1	Normalización y escalamiento	170
4.2.3.2.2	Direccionamiento.	170
4.2.3.3	Integración Motor-mezclador con engranajes 24 Vdc	171
4.2.3.3.1	Direccionamiento.	171
4.2.4	Vista general de la Red Profibus/Profinet.	172
4.3	Desarrollo de la programación en el PLC.	173
4.3.1	Sistema Manual.	174
4.3.1.1	Mando manual Paleta mezcladora. (Motor 24 Vdc).....	176
4.3.1.2	Mando manual Bomba centrífuga de Drenaje. (Drive Altivar 312).176	

4.3.1.3	Mando manual Bomba peristáltica componente A. (Drive Sinamics G120C Profibus DP).....	178
4.3.1.4	Mando manual Bomba centrífuga componente B. (Drive Altivar 32 Profibus DP).....	180
4.3.1.5	Normalización del sensor ultrasónico de nivel OSISONIC	182
4.3.2	Sistema Automático.....	184
4.3.2.1	Selección del Control manual y automático del proceso.	187
4.3.2.2	Enclavamiento de nivel alto y bajo.....	187
4.3.2.3	Secuencia ON/OFF de actuadores en proceso automático.....	189
4.3.2.4	Alarmas del sistema automático.....	191
4.3.2.5	Variables PLC.....	195
4.4	Interfaz desarrollada en HMI KTP400 SIEMENS.....	196
4.4.1	Pantalla Carátula.....	196
4.4.2	Pantalla Bomba centrífuga (Drive ATV 32).	197
4.4.3	Pantalla Bomba peristáltica (Drive Sinamics G120C).....	198
4.4.4	Pantalla Bomba centrífuga drenamiento (Drive ATV 312).	199
4.4.5	Pantalla Mezclador (Motor 24Vdc).....	200
4.5	Wincc RunTime Advanced.....	201
4.5.1	Opciones para sistemas de ingeniería y runtime WinCC.....	201
4.5.2	Opciones para WinCC Runtime Advanced.....	202
4.6	Interfaz desarrollada en Wincc RunTime Advanced.	202
4.6.1	Pantalla de bienvenida SCADA (Wincc Runtime).....	203
4.6.2	Pantalla principal del proceso automático SCADA (Wincc Runtime)....	204

4.6.3	Pantalla de “ingreso de parámetros” SCADA (Wincc Runtime)	207
CAPITULO 5.....		208
5	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DESARROLLADO.....	209
5.1	Pruebas eléctricas.	209
5.2	Pruebas del hardware.....	209
5.2.1	Prueba del acondicionamiento del sensor de nivel ultrasónico.....	210
5.2.2	Prueba de Variadores de velocidad.....	211
5.2.3	Prueba del pulsador de emergencia físico.....	212
5.2.4	Pruebas de dosificación (bomba peristáltica y bombas centrífugas)	213
5.3	Pruebas del software.....	215
CAPITULO 6.....		217
6	ANÁLISIS ECONÓMICO	218
6.1	Instrumento de nivel y actuadores.....	218
6.2	Módulo de control del PLC	219
CAPITULO 7.....		222
CONCLUSIONES		223
RECOMENDACIONES		223
BIBLIOGRAFÍA.....		224
WEBSITE VISITADAS.....		225

ANEXO Plano de conexiones motor-mezclador. ANEXO Plano de conexiones eléctricas variador altivar 312 y sensor de nivel.	227
ANEXO Plano de conexiones eléctricas variadores de velocidad.....	229
ANEXO Plano de conexiones eléctricas del PLC y HMI.	230



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Dosificador volumétrico de tornillo doble y simple.....	12
Figura 2.2 Dosificador gravimétrico de libre flujo de materiales a granel.....	13
Figura 2.3 Dosificadores de banda por pérdida de peso.....	14
Figura 2.4 Estaciones de mezclado.	17
Figura 2.5 Agitadores tipo paleta.	18
Figura 2.6 Agitadores tipo turbina.	19
Figura 2.7 Agitadores tipo hélice.	20
Figura 2.8 Partes de un PLC básico.	22
Figura 2.9 Barrido o scaneo de E/S y programa en ejecución.....	23
Figura 2.10 Ejemplo Plc siemens.....	24
Figura 2.11 Ejemplo PLC Compacto Siemens.	25
Figura 2.12 Ejemplo PLC Modular WAGO.....	26
Figura 2.13 Direccionamiento de E/S	27
Figura 2.14 Especificaciones PLC S7-1200.....	32
Figura 2.15 Partes de Expansión de un PLC S7-1200. (1)Módulo de comunicación (CM), procesador de comunicaciones (CP) o TS Adapter. (2)CPU. (3)Signal Board (SB) o placa de comunicación (CB). (4)Módulo de señales (SM)	32
Figura 2.16 Módulo de Señales de un PLC S7-1200. (1)LEDs de estado para las E/S del módulo de señales (2) Conector de bus. (3)Conector extraíble para el cableado de usuario.	33
Figura 2.17 Módulo de Señales de un PLC S7-1200	36
Figura 2.18 Almacenamiento de Datos	38
Figura 2.19 Funcionamiento de un sensor.....	41

Figura 2.20 Sensor Inductivo	42
Figura 2.21 Principio De Funcionamiento Del Sensor Capacitivo.	44
Figura 2.22 Final De Carrera.	46
Figura 2.23 Sensor Ultrasónico.....	47
Figura 2.24 Funcionamiento del Sensor Magnético.....	47
Figura 2.25 Encoders Acoplado A Un Motor.....	48
Figura 2.26 Sensores De Temperatura.	49
Figura 2.27 Cilindros neumáticos con vástago y sin vástago.	50
Figura 2.28 Válvula de control neumática.....	50
Figura 2.29 Motores neumáticos.....	51
Figura 2.30 Motores hidráulicos.	51
Figura 2.31 Motores eléctricos.....	52
Figura 2.32 Relés	53
Figura 2.33 Clasificación de las Bombas.	54
Figura 2.34 Bomba Dosificadora.....	55
Figura 2.35 Bomba Peristáltica.	56
Figura 2.36 Bomba Centrífuga.....	57
Figura 2.37 Corte esquemático de una bomba centrífuga.	57
Figura 2.38 Diagrama par-velocidad de un motor alimentado en directo. La zona de funcionamiento del motor en el plano par-velocidad está limitada a la parte a la parte verde la curva.	60
Figura 2.39 Diagrama par-velocidad de un motor alimentado por convertidor de frecuencia.....	61
Figura 2.40 Esquema de principio de un convertidor de frecuencia.	61

Figura 2.41 Diagrama de bloques de un variador de frecuencia.....	61
Figura 2.42 Estructura general de un variador de velocidad electrónico.	63
Figura 2.43 Componentes de potencia.	65
Figura 2.44 HART sobrepone la señal de comunicación digital a la señal de corriente de 4 a 20mA.....	69
Figura 2.45 Sistema de control en lazo abierto.....	72
Figura 2.46 Sistema de control en lazo cerrado.....	73
Figura 3.1 Tanque contenedor “componente A”	77
Figura 3.2 Tanques Cilíndricos contenedores de “componente B”	77
Figura 3.3 Vista frontal tanque “componente A”	78
Figura 3.4 Vista frontal de tanque “componente B”	79
Figura 3.5 Bomba Peristáltica.....	80
Figura 3.6 Materiales utilizados para fabricación de bomba peristáltica	81
Figura 3.7 Preparación de Tubo Cortado y Platina para soldadura eléctrica correspondiente.....	81
Figura 3.8 Vista Frontal de Bomba Peristáltica y Rodillo acoplado con un Eje.	82
Figura 3.9 Motor Trifásico EPLISAC	83
Figura 3.10 Moto reductor EPLI SAC	84
Figura 3.11 Soporte Metálico Empotrado en Base para Bomba Peristáltica.....	85
Figura 3.12 Acoplamiento y Alineamiento del Motor al Moto reductor	85
Figura 3.13 Bomba Peristáltica Acoplada a la Motor y Moto reductor	86
Figura 3.14 Bomba Centrifuga GTP70/75.....	86
Figura 3.15 Tanque de mezclado.	89
Figura 3.16 Vista Frontal Diseño de Tanque de Mezclado	90

Figura 3.17 Mezclador tipo Paleta.	92
Figura 3.18 Esquema Circuito de Protección para Salida del PLC.....	93
Figura 3.19 Circuito de Protección para Salida de PLC.....	93
Figura 3.20 Bomba Centrífuga de Drenaje.....	95
Figura 3.21 Base Soporte de Tanque Mezclador y Tanque de Dosificación.....	96
Figura 3.22 Esquema de Distribución de Sistema de Fuerza y Control.....	97
Figura 3.23 Módulo de variador Altivar 32 y Altivar 312	98
Figura 3.24 Variador Altivar 32.....	99
Figura 3.25 Módulo de Comunicación para PROFIBUS VW3A3607	99
Figura 3.26 Comunicación PROFIBUS entre altivar 32, PLC s7-1200 y el motor trifásico.	100
Figura 3.27 Esquema eléctrico del Variador Altivar 32.....	101
Figura 3.28 Variador ALTIVAR 312.....	102
Figura 3.29 Bornes de Entradas lógicas variador Altivar 312.....	104
Figura 3.30 Bornes de Entradas Analógicas Variador Altivar 312.....	104
Figura 3.31 Esquema Cableado del Altivar 312	105
Figura 3.32 Fuente de Poder Telemecanique ABL7 RE2402	106
Figura 3.33 Modulo de Variador SINAMICS G120.....	107
Figura 3.34 Diagrama Comunicación PROFIBUS Variador SINAMICS G120.....	108
Figura 3.35 Conexionado Eléctrico de Variador SINAMICS G120.....	108
Figura 3.36 Diagrama de Fuerza de Variador SINAMIC G120.....	109
Figura 3.37 Elevador de Tensión para Variador SINAMICS.....	110
Figura 3.38 Guarda motor SIEMENS 3RV1031-4EA10	110
Figura 3.39 Llave Termo magnética BKN-B	111

Figura 3.40 Esquema de Fuerza de Variadores de Velocidad (Anexo)	113
Figura 3.41 Dimensiones de Paneles de Modulo	114
Figura 3.42 Modulo Del Controlador S7 1200	115
Figura 3.43 PLC S7 1200 CPU 1214C AC/DC/relé	116
Figura 3.44 Diagrama de Cableado PLC S7-1200	116
Figura 3.45 Esquema de Conexiones Eléctricas.	117
Figura 3.46 Módulo de E/S Analógicas SM 1234 AI 4 x 13bit / AQ2x14 bit	117
Figura 3.47 Diagrama de Cableado E/S Analógicas SM 1234 AI 4 x 13bit / AQ2x14 bit	118
Figura 3.48 Modulo de Comunicación PROFIBUS CM1243-5.....	119
Figura 3.49 Figura Conector Siemens PROFIBUS RS 485 -DP 180° IP 20.....	120
Figura 3.50 Cable del bus según IEC 61158-2 para PROFIBUS DP	121
Figura 3.51 Conexiones del HMI.....	121
Figura 3.52 Sensor de Nivel Ultrasónico. OSISONIC xx930a1a2m12	122
Figura 3.53 Diagrama de Circuito Conversor de Corriente a Voltaje del Sensor Ultrasónico.....	124
Figura 3.54 Circuito conversor de corriente (sensor ultrasónico).....	124
Figura 3.55 Detalle de ubicación de componentes en el circuito impreso.	125
Figura 3.56 Figura Límites de proximidad.....	126
Figura 3.57 Botones de Configuración y LED de Aviso.....	126
Figura 3.58 Primera Posición en 0 voltios.....	126
Figura 3.59 Segunda posición en nivel máximo	127
Figura 3.60 Comunicación Profinet mediante Switch Ethernet.....	127
Figura 4.1 Interfaz de comunicación PLC, HMI, PC.....	129

Figura 4.2Asignación de memorias.....	132
Figura 4.3 Pantalla principal TIA portal.	133
Figura 4.4 Vista del proyecto en TIA PORTAL.....	135
Figura 4.5 Ingreso al programa TIA PORTA V.12	137
Figura 4.6 Opción para dar inicio a un nuevo proyecto en TIA portal.	138
Figura 4.7 Configuración del PLC y HMI	138
Figura 4.8Selección de los dispositivos.....	139
Figura 4.9 Asignación del PLC	139
Figura 4.10 La figura siguiente muestra la estructura de la vista de redes.....	140
Figura 4.11 Puerto Ethernet.	143
Figura 4.12 Asignación de la dirección de red	143
Figura 4.13 La figura siguiente muestra la ejecución de un OB de ciclo.....	145
Figura 4.14 Abrir el bloque del programa	146
Figura 4.15 Editor de Programas.	147
Figura 4.16 La figura siguiente muestra la estructura del editor de programas.....	148
Figura 4.17 Selección de la CPU desde el menú principal.	150
Figura 4.18 Herramienta online para determinar hardware.....	151
Figura 4.19 Reconocimiento de hardware (CPU) con Tia portal online. (1)Puerto comunicación profibus dp (2) Puerto comunicación Profinet.	151
Figura 4.20 Interfaz DP del PLC para configurar dirección y parámetros.....	153
Figura 4.21Interfaz PROFINET para configuración de dirección y parámetros.	154
Figura 4.22 Vista Panel de información del Variador.....	156
Figura 4.23 Inserción del archivo GSD al TIA portal.....	157

Figura 4.24 Integración del Drive ATV32 y elección del telegrama 100 al TIA portal.	157
Figura 4.25 Direcciones I/O del telegrama 100.	158
Figura 4.26 Puerto Profibus DP del Drive ATV32.	158
Figura 4.27 inserción del archivo en Tia portal.	161
Figura 4.28 Elección de telegrama 352 y configuración del esclavo DP para profibus.	161
Figura 4.29 Direcciones que pueden ser utilizadas en TIA portal.	162
Figura 4.30 Puerto Profibus DP del Drive Sinamic G120C.	162
Figura 4.31 Selección del dispositivo HMI en TIA portal.	163
Figura 4.32 Vista del puerto Ethernet HMI Ktp 400 mono.	164
Figura 4.33 Interfaz para supervisión (1) Estación PC Simatic (2) Wincc RT Adv (3) Interfaz General para comunicación.	165
Figura 4.34 Características del variador altivar 312 Schneider.	167
Figura 4.35 Vista general de la red industrial de comunicación.	172
Figura 4.36 Diagrama de flujo del programa principal.	173
Figura 4.37 Diagrama de flujo del Sistema Manual del Sistema piloto.	175
Figura 4.38 Enclavamiento y Des-enclavamiento del motor 24Vdc.	176
Figura 4.39 Normalización y escalamiento de la señal de Frecuencia del variador.	177
Figura 4.40 Programa para el arranque manual de variador ATV312 (bomba centrífuga de drenaje).	178
Figura 4.41 Mando Manual Variador Sinamics G120c en Profibus (Bomba peristáltica).	180

Figura 4.42 Mando manual en profibus DP de la bomba centrífuga del componente B(Variador Altivar 32)	182
Figura 4.43 Normalización del sensor de nivel.	183
Figura 4.44 Distribución de equipos con sus respectivos TAG.....	185
Figura 4.45 Diagrama de Flujo del sistema Automático.....	186
Figura 4.46 Enclavamiento del sistema automático del sistema piloto.....	187
Figura 4.47 Enclavamiento de niveles alto y bajo de acuerdo a la señal de sensor (escalado en litros).	188
Figura 4.48 Control del arranque de bombas (peristáltica y centrífuga).....	189
Figura 4.49 Control secuencial de bombas y motor mezclador.....	191
Figura 4.50 Alarmas de nivel alto y bajo en el tanque de mezclado.....	192
Figura 4.51 Parada de emergencia del sistema piloto y sus alarmas.....	193
Figura 4.52 Parada de emergencia del sistema piloto y sus alarmas.....	194
Figura 4.53 Pantalla "Carátula"	196
Figura 4.54 Pantalla "control del variador altivar 32"(Bombeo de Agua).....	197
Figura 4.55 Pantalla "Control del variador Sinamic G120C"	198
Figura 4.56 Pantalla Control del variador Altivar 312.....	199
Figura 4.57 Pantalla Control del Motor de 24 Vdc.....	200
Figura 4.58 Pantalla de bienvenida del sistema SCADA en Wincc RT. Advanced.	203
Figura 4.59 Pantalla de proceso principal del sistema piloto en Wincc RT Advanced.	204
Figura 4.60 Pantalla de ingreso de parámetros del sistema piloto en Wincc RT. Advanced.	207
Figura 5.1 Comprobación eléctrica del sistema piloto.	209
Figura 5.2 Escalamiento físico del sensor de nivel.	211

Figura 5.3 Prueba del sensor de nivel en modo online.....	211
Figura 5.4 Prueba de Variadores.....	212
Figura 5.5 Prueba del pulsador de emergencia.	212
Figura 5.6 Establecimiento online del sistema piloto y el software TIA portal.	215
Figura 5.7 Compilación satisfactoria de los bloques principales del programa sin errores.	216
Figura 5.8 Levantamiento de la red profibus/profinet online con éxito.....	216



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2.1 Direcccionamiento PLC Twido Telemecanique.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2.2 Direcccionamiento PLC Allen Bradley SLC-5/04.</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 2.3 Direcccionamiento PLC Siemens S7-1200.</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 2.4 Señales Digitales y Signal Boards.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 2.5 Tipos de datos.</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 2.6 Comparación de las características de funcionamiento que demuestra el gran interés de los variadores de velocidad.</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 2.7 Comparación de características entre algunos buses y protocolos.</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 3.1 Materiales usados.</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 3.2 Especificaciones Técnicas de Motor EPLISAC</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 3.3 Características técnicas del moto reductor EPLISAC</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 3.4 Lista de Componente para Fabricación Soporte Base para Bomba Peristáltica.</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 3.5 Parámetros Eléctricos de Bomba Centrífuga</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 3.6 Especificaciones Técnicas de Bomba Centrífuga</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 3.7 Materiales de Circuito de Protección para PLC</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 3.8 Materiales de Tuberías y Conexionado</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 3.9 Especificaciones Técnicas.</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 3.10 Funciones de los Bornes de Fuerza (altivar 312).</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 3.11 Funciones de los Bornes de Control (Altivar 312).</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 3.12 Características de la fuente telemecanique.</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 3.13 Características técnicas Guarda motor.</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 3.14 Datos Técnicos Llave Termo magnética BKN-B.</i>	<i>112</i>

<i>Tabla 3.15 Tabla Asignación de Contactos de Conector Subd-9Hembra para Rs-485.</i>	
.....	120
<i>Tabla 3.16 Datos Técnicos de la Red PROFIBUS.....</i>	120
<i>Tabla 3.17 Descripción del HMI.</i>	122
<i>Tabla 3.18 Especificaciones y detalles técnicos del sensor.</i>	123
<i>Tabla 3.19 Lista De Materiales para circuito convertidor de Corriente a Voltaje....</i>	125
<i>Tabla 4.1 Descripción de las opciones en la vista de inicio del portal del TIA.</i>	134
<i>Tabla 4.2 Descripción de las opciones que ofrece el software TIA portal en su “pantalla de proyecto”.....</i>	135
<i>Tabla 4.3. Descripción de opciones en el entorno de configuración e red.....</i>	141
<i>Tabla 4.4 Descripción de las opciones del editor de programas en el TIA portal V12.</i>	
.....	148
<i>Tabla 4.5 Características y direccionamientos. (1) Módulo para interfaz profibus DP.</i>	
<i>(2) PLC S7-1200. (3) Módulo de expansión I/O PLC S7-1200.</i>	152
<i>Tabla 4.6 direccionamiento y parametrización puerto comunicación profibus DP.....</i>	153
<i>Tabla 4.7 Direccionamiento y parametrización puerto Ethernet PLC S7-1200.</i>	154
<i>Tabla 4.8 Mapeo de los datos periódicos del telegrama 100.....</i>	155
<i>Tabla 4.9 Parámetros con datos de placa del motor (bomba centrífuga) configurados en el DRIVE.....</i>	156
<i>Tabla 4.10 Direccionamiento y parametrización puerto de comunicación Profibus DP Drive ATV 32.</i>	158
<i>Tabla 4.11 Tipos de telegrama en Sinamics G120C.....</i>	159
<i>Tabla 4.12 Ajustes realizados en el variador.</i>	160
<i>Tabla 4.13 Variables que se pueden modificar en el variador.....</i>	160

<i>Tabla 4.14 Direccionamiento y parametrización puerto de comunicación Profibus DP</i>	
<i>Drive Sinamic G120C.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 4.15 Direccionamiento del HMI ktp 400.</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 4.16 Direccionamiento del PC station con Wincc Runtime Advanced.</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 4.17 Configuración de parámetros.</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 4.18 Parámetros ingresados de acuerdo a la placa del motor.....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 4.19 FUENTE: Elaboración propia usando el software Somove lite.</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 4.20 Normalización y escalamiento de la señal del sensor Nivel.</i>	<i>170</i>
<i>Tabla 4.21 Direccionamiento del motor-mezclador.</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 4.22 Variables Plc del sistema pilto usadas.</i>	<i>195</i>
<i>Tabla 4.23 Especificación de botones físicos del HMI.</i>	<i>196</i>
<i>Tabla 4.24 Especificación de botones y campos I/O "Pantalla Bomba centrífuga." ...</i>	<i>197</i>
<i>Tabla 4.25 Especificación de botones y campos I/O-Pantalla variador sinamics G120C.</i>	
<i>.....</i>	<i>198</i>
<i>Tabla 4.26 Especificación de botones y campos I/O-Pantalla variador Altivar 312. ..</i>	<i>199</i>
<i>Tabla 4.27 Especificación de botones y campos I/O-Pantalla Motor 24 Vdc.....</i>	<i>200</i>
<i>Tabla 4.28 Especificación de la pantalla de bienvenida del sistema SCADA.....</i>	<i>203</i>
<i>Tabla 4.29 Especificación detallada del Sistema SCADA en Wincc RT.....</i>	<i>204</i>
<i>Tabla 4.30 Especificacion detallada de la pantalla de “ingreso de parámetros” del</i>	
<i>sistema dosificador.....</i>	<i>207</i>
<i>Tabla 5.1 Escalado de la señal del sensor en litros.....</i>	<i>210</i>
<i>Tabla 5.2 Dosificación de líquido “componente A”, bomba peristáltica en</i>	
<i>mililitros/minutos.</i>	<i>213</i>

<i>Tabla 5.3 Dosificación de líquido "componente B"- bomba peristáltica en Litros/minuto.....</i>	<i>214</i>
<i>Tabla 5.4 Tiempo de succión de la bomba centrífuga - producto final.</i>	<i>214</i>
<i>Tabla 6.1 Lista de costos de instrumentación.....</i>	<i>218</i>
<i>Tabla 6.2 Lista de costos Bombas centrífugas.....</i>	<i>218</i>
<i>Tabla 6.3 Lista de costos Motor y reductor EPLI y variadores de velocidad Schneider-Siemens.</i>	<i>218</i>
<i>Tabla 6.4 Lista de costos del mezclador y protección de sobre corrientes.....</i>	<i>219</i>
<i>Tabla 6.5 Lista de costos PLC Siemens y módulos I/O.....</i>	<i>219</i>
<i>Tabla 6.6 Lista de costos de la Interfaz hombre-máquina (HMI).</i>	<i>220</i>
<i>Tabla 6.7 Lista de costos del convertidor de señal análoga.</i>	<i>220</i>
<i>Tabla 6.8 Lista de costos de soportes para dispositivos de control, actuadores y tanques.....</i>	<i>220</i>

LISTA DE ABREVIATURAS.

HMI	Human Machine Interface.	LED	Light emitting diode.
PLC	Control Lógico Programable	PROFIBUS	Process field bus.
CPU	Unidad Central de Proceso	WinCC	Sistema abierto de supervisión del proceso para el manejo y visualización de Simatic hmi.
TIA	Totally Integrated Automation	AP	Process automation.
SCADA	Supervision control and data Adquisition	RT	Run Time
IP	Internet protocol.	GND	Ground
OB	Organization Block.	PN/IE	Profinet/industrial Ethernet.
FB	Function Block	PB	Profibus
RPM	Revoluciones por minute.	ATV	Altivar
HP	Horse power.	CMD	Control word
DP	Periféria descentralizada	LRFD	Output target
KOP	Esquema de contactos.	TK	tank
IEC	International electrotechnical commission.	LIC	Level indicator control
PC/PG	Computador/Unidad de programación.	I/O	Input/output
		DNS	Domain net system

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de desarrollo, se orienta al **“Diseño e implementación de un sistema para supervisión, monitoreo y control de un dosificador-mezclador industrial de líquidos de viscosidad intermedia basado en dispositivos para automatización”** con aplicaciones alternativas, usando una plataforma de productos Siemens y Schneider, equipamiento que es mundialmente conocido con una gran trayectoria en cuanto a su participación en diferentes sectores productivos y extractivos de nuestro país. La existencia de problemas y limitaciones en cuanto al diseño e implementación de estos sistemas (costo/beneficio, soporte técnico, diversidad de modelos, utilización de diferentes protocolos de comunicación) atribuyen un motivo en este proyecto, el de dar solución y demostrar la factibilidad de la realización de estos sistemas con resultados aceptables y reales. Asimismo, se demuestra la factibilidad de incorporar una serie de dispositivos que permiten mejorar la funcionabilidad, así como elevar la confiabilidad del sistema mediante la inclusión de redes de comunicación, variadores de frecuencia etc.; los cuales transforman el sistema inicial en una potente y funcional herramienta de supervisión y control.

En el proyecto se planea realizar el control y monitoreo remoto mediante una red industrial (PROFINET - PROFIBUS), de esta manera poder observar el estado de funcionamiento del mismo. Por su parte, el software SCADA permitirá gestionar todos los datos necesarios para el control de la producción desde bases de datos de históricos hasta el control de consumos y utilización de los equipos.

A continuación se detalla un resumen de los capítulos que están incluidos en este trabajo.

- ✓ Capítulo 1: Fundamentación del trabajo, planteando los objetivos y dando la justificación correspondiente.
- ✓ Capítulo 2: Descripción del marco teórico necesario para la realización de los objetivos, análisis bibliográfico de los sistemas de dosificación y mezcla, análisis de diferentes autómatas programables y características técnicas del hardware y software usado.
- ✓ Capítulo 3: Desarrollo del diseño e implementación de Hardware del sistema piloto, donde se describen las características de los actuadores e instrumentos utilizados con sus respectivos diagramas y esquemas eléctrico - mecánico.
- ✓ Capítulo 4: Desarrollo del diseño e implementación del Software del sistema piloto, donde se describe la configuración e integración de actuadores, instrumentos y el sistema de supervisión en el software de control TIA portal.
- ✓ Capítulo 5: Evaluación del sistema piloto desarrollado, mostrando las pruebas de validación eléctricas, hardware y del software.
- ✓ Capítulo 6: Detalles del análisis económico de hardware y software.
- ✓ Capítulo 7: Detalles de las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.



CAPÍTULO 1

1 FUNDAMENTACIÓN

1.1 Identificación del problema.

La dosificación exacta de los aditivos y su correcto mezclado son dos eslabones fundamentales a la hora de conseguir un producto con las especificaciones deseadas. Los aditivos en forma líquida de mediana densidad requieren una mayor atención para evitar que surjan problemas en ambos procesos. Es necesario que estos sistemas de dosificación y mezcla obtengan productos que cumplan con los estándares de calidad y seguridad, requeridos por los organismos reguladores, así mismo es de vital importancia el desarrollo socioeconómico de esta, por tal motivo un eficiente, exacto y confiable funcionamiento del sistema de dosificación es imprescindible.

Se presenta una serie de deficiencias en el mundo de la industria, como la falta de un sistema de control automatizado y supervisado, todo esto conlleva a una gran variedad de problemas relacionados con una incorrecta dosificación que puede afectar a la homogeneización que se da en el producto terminado.

1.2 Descripción del problema.

El desarrollo tecnológico a nivel mundial ha sido uno de los factores más importantes para el mejoramiento en las industrias de manufactura de todo tipo de productos, por esta razón el nivel tecnológico avanza de una manera acelerada y continua, modificando y mejorando el proceso de producción. Entonces se hace urgente la necesidad de optimizar el rendimiento de los factores productivos de las faenas industriales, para ello las empresas destinan recursos para dotarse de componentes tecnológicos que permitan realizar las operaciones al grado de competir de igual a igual con las empresas más eficientes del mundo. Por otro lado el problema en el dosificado y

mezclado de líquidos radica en la falta de rapidez de respuesta, estabilidad y precisión en las condiciones de operación y en el proceso, a menudo estos parámetros en la dosificación suelen estar por debajo de los valores especificados; entonces nos conlleva a la necesidad de cumplir con los altos estándares de calidad, producción y supervisión en el proceso de control.

1.3 Justificación.

En muchos casos los procesos de dosificación son llevados a cabo de forma manual, lo cual implica mayor tiempo y costo en el proceso de producción, por lo que hoy en día se recurre a los sistemas de automatización industrial para así poder obtener mayor producción y rentabilidad en las operaciones en un corto tiempo.

Se necesita crear entonces un sistema de dosificación de acuerdo a las necesidades de la industria usando las últimas tendencias tecnológicas que está a nuestro alcance y sea llevado a su vez a las microempresas que deseen emprender su camino hacia el desarrollo.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivos generales.

Diseñar e implementar un sistema (software/hardware) piloto para el control y supervisión de un dosificador de precisión en el porcentaje que se requiera con el menor error posible, para ilustrar los beneficios que nos trae este trabajo en la industria.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Documentar las características y funcionamiento de las bombas dosificadoras, variadores de frecuencia, interfaz hombre-Máquina (HMI), sensor de nivel entre otros dispositivos complementarios de automatización.
- Diseñar e implementar el Sistema considerando la utilización de equipos y dispositivos Siemens y Schneider, además de una Red de Comunicación Industrial Híbrida (Profibus/Profinet) para un control y supervisión del proceso en tiempo real.
- Diseñar e implementar un sistema piloto para la representación de la dosificación y mezclado de líquidos de Viscosidad Intermedia.
- Inculcar sobre las tendencias tecnológicas en automatización a los estudiantes de últimos años del programa profesional de ing. Electrónica.

1.5 Variables.

1.5.1 Variables independientes.

- Supervisión monitoreo y control de un dosificador-mezclador.
- Diseño e implementación del sistema automático.

1.5.2 Variables dependientes.

- Dispositivos para automatización.

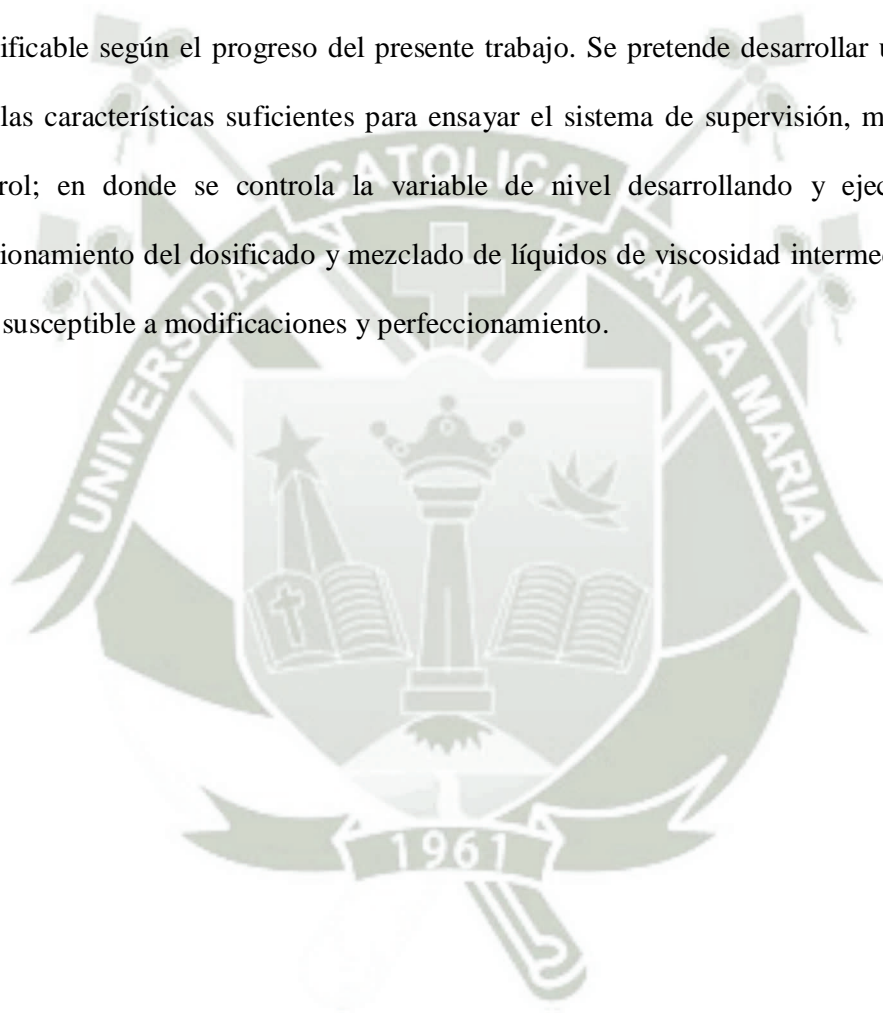
1.6 Hipótesis.

Es posible desarrollar un sistema de control automático de un sistema piloto de dosificación usando la tecnología que se dispone a nuestro alcance como un autómeta programable, variadores de velocidad e instrumentación de marcas reconocidas, ya que

nos van a brindar precisión, ahorro en producción, ahorro en mantenimiento y garantía al usarlos.

1.7 Alcances.

La implementación del proyecto se circunscribirá en diseñar e implementar un sistema de control automático el cual pueda ser adaptable, fiable, sencillo, funcional y modificable según el progreso del presente trabajo. Se pretende desarrollar un módulo con las características suficientes para ensayar el sistema de supervisión, monitoreo y control; en donde se controla la variable de nivel desarrollando y ejecutando el funcionamiento del dosificado y mezclado de líquidos de viscosidad intermedia, lo que será susceptible a modificaciones y perfeccionamiento.





CAPÍTULO 2

2 MARCO TEÓRICO.

2.1 Proceso de dosificación y mezclado industrial.

2.1.1 Dosificación.

El proceso de dosificación consiste en fijar o graduar la proporción de una sustancia que será agregada en cada etapa de un proceso. Un dosificador es un equipo que entrega o suministra una proporción exacta de algún material (líquidos, resinas, fluidos, polvos, granulados), con la finalidad de mezclarlo con otros componentes que forman una mezcla en particular.

Los campos de aplicación de la dosificación se encuentran en el sector industrial en general tales como la industria química, la industria de la maquinaria, la industria alimentaria o la industria farmacéutica. Con diferentes sistemas de dosificación se introducen materia sólida y líquidos como aceites, grasa, sellantes, pegamentos u otras pastas durante un proceso de fabricación en el proceso de producción.

En la tecnología de la dosificación, es posible optimizar procesos de fabricación con relación a cantidad, lugar-tiempo, aumentar la protección de materia peligrosa y la seguridad de los empleados en el puesto de trabajo y que con ello se consigue mejorar la calidad del producto y al mismo tiempo reducir los gastos de producción. Esta es la razón por la que la tecnología de dosificación hoy en día es indispensable para la producción moderna y eficiente.

2.1.1.1 Proceso de dosificación

Los elementos básicos de la dosificación en líquidos son principalmente resinas, disolventes, aditivos sólidos o pigmentos. La dosificación aparece pues a lo largo de

todo el proceso de fabricación del producto siendo fundamental el control para garantizar la calidad del producto final.

La fórmula es la parte más importante del proceso. Si la fórmula no es adecuada, para nada sirve una maquinaria perfecta y una dosificación precisa. Por ello, todo está supeditado a la fórmula y también al proceso. Las Formulas de dosificación están sujetas a tolerancias que deberían marcar parámetros dados y que es la que el proceso permite. Es por eso que muy importante la exactitud de la dosificación.

2.1.1.2 Precisión de los Dosificadores.

La precisión de los dosificadores es un asunto a tener en cuenta durante el control de flujo de material Líquido. A pesar de que las aplicaciones pueden extenderse desde la simple regulación de un material simple hasta los sumamente complejos, las mezclas de varios ingredientes que involucran varios dosificadores y líneas de proceso, se limitan a la precisión de los dosificadores en forma individual. La precisión de un dosificador se mide por el cumplimiento de tres estadísticos distintos:

- ✓ repetitividad,
- ✓ linealidad y
- ✓ estabilidad.

La repetitividad mide la consistencia de la producción de descarga del dosificador

La linealidad estima la precisión con que el dosificador descarga en la proporción deseada.

Y la estabilidad indica el cumplimiento de la dosis a lo largo del tiempo.

2.1.1.3 Tipos de Dosificadores.

2.1.1.3.1 Volumétricos

En este tipo de dosificadores se determina la dosis, midiendo el volumen del material que libera una superficie que se desplaza a velocidad constante.

Los dosificadores volumétricos no pesan el flujo; operan transportando un cierto volumen de material por unidad de tiempo, del cual un flujo proporcional en peso se obtiene por la calibración del proceso. Son dispositivos de ciclo abierto, ellos no pueden detectar o ajustar variaciones en la densidad del material.

La válvula alveolar es un dosificador de poca precisión. El disco giratorio está compuesto de una base que gira a velocidad constante, sobre la cual una cuchilla de ángulo regulable separa una parte del producto, el cual se vierte en un depósito de preparación de la solución, que puede estar equipado de un agitador.

En la Figura 2.1 se muestra el equipo que se utiliza para dosificar sulfato de aluminio, cal, carbonato de sodio o de calcio, etc.



Figura 2.1 Dosificador volumétrico de tornillo doble y simple.

FUENTE: <http://www.directindustry.es/>

2.1.1.3.2 Gravimétricos

Los dosificadores gravimétricos controlan el flujo de material por peso, para lograr una mayor precisión de dosificación, y por lo tanto requieren una báscula. Además de mejorar la calidad de procesamiento, los dosificadores gravimétricos pueden documentar el contenido de material en el producto final.

Un ejemplo de este tipo de dosificadores es el dosificador gravimétrico de correa transportadora, el material depositado en la tolva cae en una correa transportadora que se desplaza sobre la plataforma de una balanza, que se regula para recibir el peso que corresponde a la dosis deseada.



Figura 2.2 Dosificador gravimétrico de libre flujo de materiales a granel.

FUENTE: <http://www.directindustry.es/>

2.1.1.3.3 Dosificadores por decremento de peso.

Un dosificador por decremento de peso, consiste en una tolva y un dosificador que están aislados del proceso, para que el sistema estero pueda ser pesado en forma continua. A medida que el dosificador descarga material, el sistema de pesaje decae.

El controlador del dosificador por decremento de peso ajusta la velocidad del

dosificador, para brindar una proporción de pérdida de peso, igual a la proporción deseada en el Set point. Gracias a la alta capacidad de manipulación de materiales, diseño de contención de material innato y la habilidad de dosificar en forma precisa en bajas proporciones, los dosificadores a tornillo por decremento de peso, se han vuelto los sistemas preferidos de dosificación en un gran número de industrias y aplicaciones.



Figura 2.3 Dosificadores de banda por pérdida de peso.

FUENTE: <http://www.directindustry.es/>

La mayoría de los dosificadores descritos anteriormente trabajan en forma automática y se controlan por medio de un PLC y panel gráfico, el software del control del dosificador por pérdida de peso incorpora un algoritmo exclusivo, que puede mejorar la precisión a corto plazo del dosificador de tornillo para reducir el error.

2.1.1.4 Aplicaciones

2.1.1.4.1 Dosificación en la Industria Química.

El uso de la tecnología de dosificación es particularmente apto en la industria química. Además de dosificar ínfimas cantidades en la proporción exacta, también se evita que la persona entre en contacto con materia peligrosa. La tecnología de dosificación disminuye por tanto el potencial de riesgo a la hora de trabajar con materia peligrosa, lo que proporciona un entorno de trabajo seguro.

2.1.1.4.2 Dosificación en la Industria Alimentaria

En la industria alimentaria imperan normativas higiénicas muy rígidas. Gracias a la tecnología de dosificación es posible cumplir con estas. Es imprescindible que el proceso y envasado sea rápido bajo condiciones estériles, evitando así la formación y propagación de bacterias y gérmenes.

2.1.1.4.3 Dosificación en la Industria Farmacéutica

Para asegurar la eficacia, la seguridad y la calidad de medicamentos se usa la tecnología de dosificación también en la industria farmacéutica. Con la tecnología de dosificación puede aumentar significativamente las propiedades del producto en la medicina veterinaria y humana.

En Perú se utilizan dosificadores en la industria farmacéutica para la dosificación de sustancias que conforman cremas e inyecciones, y en la industria agroalimentaria para la fabricación de productos alimenticios. La dosificación o aplicación de las sustancias se efectúa mediante los dosificadores o dispositivos, que son capaces de liberar cantidades prefijadas de productos en una unidad de tiempo. Se disponen de controles que permiten fijar la cantidad que se debe liberar dentro de límites que caracterizan su capacidad.

2.1.1.4.4 Dosificación en la industria minera.

Cuando se habla de dosificación en industria minera, se habla de la etapa de flotación de mineral que existe luego de triturar la “pulpa” mineral. El proceso de flotación de minerales ha marcado un hito en la historia de la industria minera, por el importante rol que éste ha jugado en la producción mundial de minerales y metales. Este método ha permitido la explotación económica de yacimientos de baja ley y de una constitución mineralógica compleja, que en otras épocas hubiese sido imposible.

En este contexto los reactivos de flotación juegan un rol importante en el proceso, los cuales al ser alimentados al circuito de flotación cumplen determinadas funciones específicas que hacen posible la separación de los minerales valiosos de la ganga. Sin embargo la elección de reactivos no es una tarea fácil debido a una serie de dificultades técnicas que se presentan durante el proceso, como por ejemplo la complejidad mineralógica de la mena entre otros aspectos.

En conclusión, es necesario una buena dosificación de reactivos para obtener un buen resultado en la separación del mineral del barro y el agua.

2.1.2 Mezcla.

Una mezcla es un sistema material formado por dos o más sustancias no combinadas químicamente. Cada uno de sus componentes mantiene su identidad y propiedades químicas.

Las mezclas se clasifican en homogéneas y heterogéneas. Los componentes de una mezcla pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos.

2.1.2.1 Mezcladores

El mezclado es una operación cuyo objetivo fundamental es conseguir la máxima interposición entre varios Componentes, que inicialmente se encuentran separados o parcialmente mezclados, y una distribución lo más homogénea posible de los mismos. Si ello se consigue, se producirá una situación teórica (ideal), mezcla perfecta. La medida en que se intente alcanzar la situación (ideal) dependerá del producto que se desea fabricar y del objetivo de la operación de mezclado. Por ejemplo: Cuando se dispersan dos líquidos inmiscibles, es necesario que el producto esté bien mezclado para asegurar su estabilidad. Cuando se mezclan lubricantes durante la producción de un comprimido, se corre el riesgo de que el mezclado sea excesivo y que el producto final sea un comprimido débil, con un tiempo mayor de desintegración.

2.1.2.2 Estaciones de mezclado

Existen estaciones de mezclado adecuadas para cada tipo de recipiente.



Figura 2.4 Estaciones de mezclado.

FUENTE: <http://www.directindustry.es/>

2.1.2.3 Tipos de Mezcladores o Agitadores

2.1.2.3.1 Paletas

Consiste en una hoja plana sujeta a un eje rotatorio. El flujo de líquido tiene una componente radial grande en el plano de la pala y también un gran componente rotacional. Los agitadores de pala son de construcción relativamente fácil.

Los agitadores de pala sencillos producen una acción de mezcla suave, que es con frecuencia la conveniente para el trabajo con materiales cristalinos frágiles.

Son útiles para operaciones de simple mezcla, como, por sólidos.

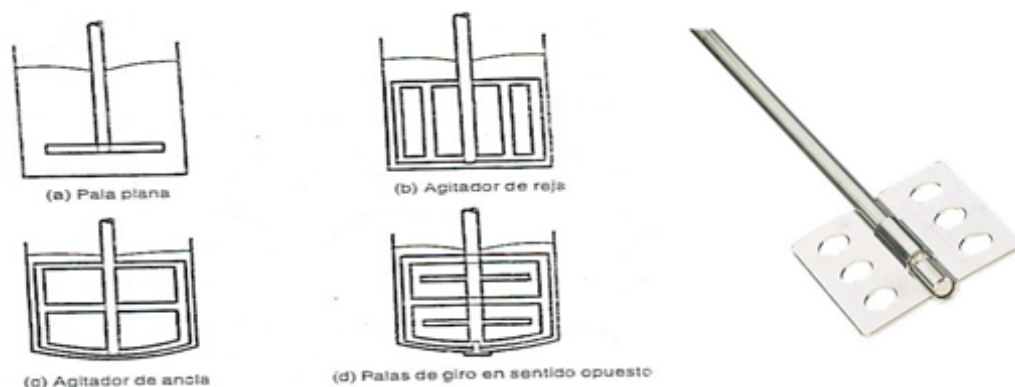


Figura 2.5 Agitadores tipo paleta.

FUENTE: <http://procesosbio.wikispaces.com/Agitador>

2.1.2.3.2 Turbina

Están constituidos por un componente impulsor con más de cuatro hojas, montadas sobre el mismo elemento y fijas a un eje rotatorio.

Los agitadores de turbina se pueden utilizar para procesar numerosos materiales.

Los agitadores de turbina son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades; en líquidos poco viscosos, producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado.

En las proximidades del rodete existe una zona de corrientes rápidas, de alta turbulencia e intensos esfuerzos cortantes. Las corrientes principales son radiales y tangenciales. Las componentes tangenciales dan lugar a vórtices y torbellinos, que se deben evitar por medio de placas deflectoras o un anillo difusor, con el fin de que el rodete sea más eficaz.

El agitador de turbina semi-abierto, conocido como agitador de disco con aletas, se emplea para dispersar o disolver un gas en un líquido. El gas entra por la parte inferior del eje del rodete; las aletas lanzan las burbujas grandes y las rompen en muchas pequeñas, con lo cual se aumenta grandemente el área interfacial entre el gas y el líquido.

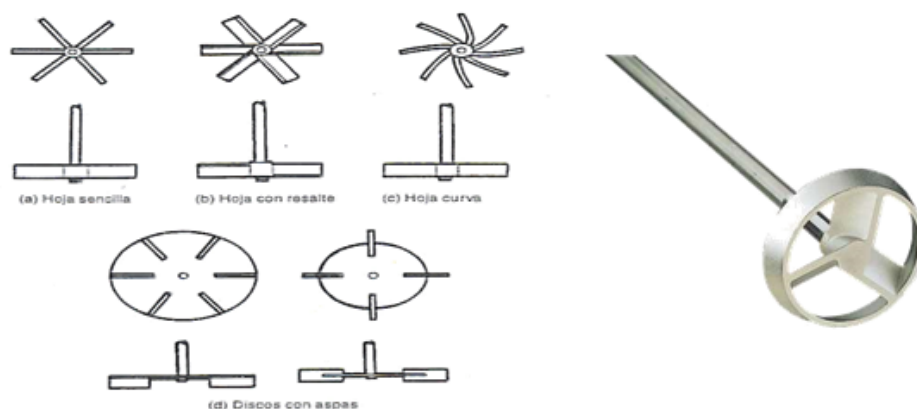


Figura 2.6 Agitadores tipo turbina.

FUENTE: <http://procesosbio.wikispaces.com/Agitador>

2.1.2.3.3 Hélice

Poseen elementos impulsores de hojas cortas (corrientemente de menos de $\frac{1}{4}$ del diámetro del tanque); giran a gran velocidad (de 500 a varios millares de rpm).

Las hélices no son muy efectivas si van montadas sobre ejes verticales situados en el centro del depósito de mezcla.



Figura 2.7 Agitadores tipo hélice.

FUENTE: <http://procesosbio.wikispaces.com/Agitador>

2.1.2.4 Aplicaciones de mezclas en Líquido

Como sustituto de métodos químicos (los métodos químicos consumen reactivos y con frecuencia conducen a una costosa eliminación de subproductos químicos).

Aplicaciones industriales:

2.1.2.4.1 Industria Farmacéutica:

Purificación de vitaminas.

2.1.2.4.2 Industria Química:

Separación de olefinas y parafinas, procesamiento de polímeros.

2.1.2.4.3 Industria Metalúrgica:

Extracción de minerales metálicos.

2.1.2.4.4 Industria Petrolera:

Separación de compuestos aromáticos y alifáticos.

2.2 Fundamentos de automatismos y PLC's.

2.2.1 Introducción.

El desarrollo e introducción de los relés, hace muchos años, fue un paso gigantesco hacia la automatización e incremento de la producción. La aplicación de los relés hizo posible añadir una serie de lógica a la operación de las máquinas y de esa manera reducir la carga de trabajo en el operador, y en algunos casos eliminar la necesidad de operadores humanos.

2.2.2 Autómata Programable.

Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC) o Autómata Programable, a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial todo tipo de procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por el personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizadores, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.

Esto quiere decir que los elementos tradicionales como relés auxiliares y relés de enclavamiento, temporizadores, contadores, son internos. La tarea del usuario se reduce a realizar el “programa”, que no es más que la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida.

En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los autómatas programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada.

De acuerdo con la definición de la "Nema" (National Electrical Manufacturers Association) un controlador programable es: "Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (0-10 VDC, 4- 20 mA, 0-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos.

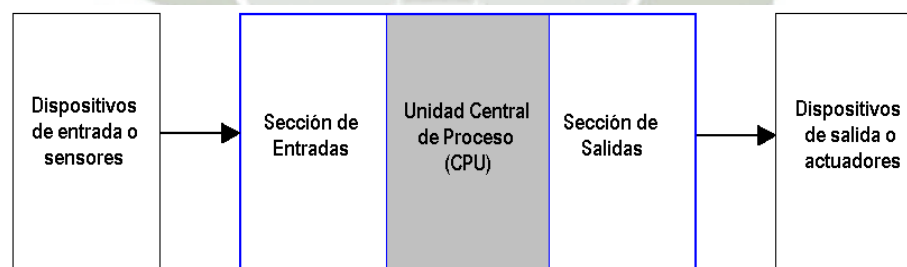


Figura 2.8 Partes de un PLC básico.

FUENTE: <http://recursostic.educacion.es/>

2.2.2.1 Secuencia de Operaciones en un PLC.

- Al encender el procesador, este efectúa un auto chequeo de encendido e inhabilita las salidas. Entra en modo de operación normal.

- Lee el estado de las entradas y las almacena en una zona especial de memoria llamada tabla de imagen de entradas
- llamada tabla de imagen de salida.
- El procesador actualiza el estado de las salidas "copiando" hacia los módulos de salida el estado de la tabla de imagen de salidas (estas controlan el estado de los módulos de salida del PLC, relay, triacs, etc.). A cada ciclo de ejecución de esta lógica se le denomina ciclo de barrido (scan) que generalmente se divide en:
 - I/O scan
 - Program Scan

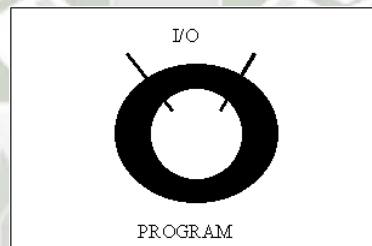


Figura 2.9 Barrido o scaneo de E/S y programa en ejecución.

FUENTE: <http://recursostic.educacion.es/>

2.2.2.2 Funciones Adicionales

- **Auto chequeo de Fallas:** En cada ciclo de scan, el PLC efectúa un Chequeo del funcionamiento del sistema reportando el resultado en Bits internos que pueden ser accesados por el programa del usuario.
- **Inicializaciones:** cada tipo de partida de un microprocesador también es reportada en bits internos de la memoria de PLC.

- **Salvaguarda de Estados:** Es posible indicar al PLC estado deseado de algunas salidas o variables internas en caso de falla o falta de energía en el equipo. Esto es esencial cuando se requiere proteger algunos dispositivos externos de salida.
- **Modularidad:** Gracias a la utilización de Microprocesadores, es posible expandir los sistemas a través de módulos de expansión de acuerdo al crecimiento del sistema. Es posible expandirse en Entradas y Salidas digitales, análogas, etc., como así también en unidades remotas y de comunicación.

2.2.3 Clasificación de los PLCs.

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías.

2.2.3.1 PLC tipo Nano:



Figura 2.10 Ejemplo Plc siemens

FUENTE: <http://www.siemens.com>

Generalmente PLC de tipo compacto (Fuente, CPU e I/O integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/O, generalmente en un número inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

2.2.3.2 PLC tipo Compactos:

Este tipo de Autómatas se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta varios cientos (alrededor de 500 I/O), su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas.
- Módulos contadores rápidos.
- Módulos de comunicaciones.
- Interfaces de operador.
- Expansiones de I/O.



Figura 2.11 Ejemplo PLC Compacto Siemens.

FUENTE: <http://www.siemens.com>

2.2.3.3 PLC tipo Modular:

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, como su nombre nos indica, la estructura de este tipo de Autómata se divide en módulos o partes del mismo estos son:

- Rack.
- Fuente de Alimentación.
- CPU.
- Módulos de I/O.

De estos tipos existen desde los denominados MicroPLC que soportan gran cantidad de I/O, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de I/O.

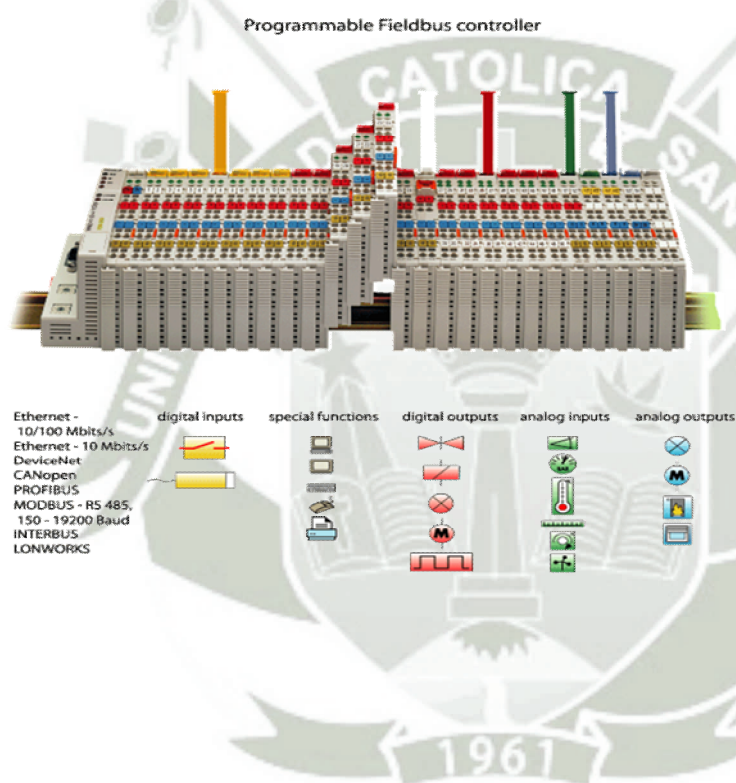


Figura 2.12 Ejemplo PLC Modular WAGO

FUENTE: [http:// www.nce.com.hk/wago.htm](http://www.nce.com.hk/wago.htm)

2.2.4 Direcccionamiento de Entradas y Salidas.

Como existen gran cantidad de I/O y estas pueden estar alojadas en diferentes módulos, nace la necesidad de indicarle a la CPU, mediante nuestro programa, la

referencia exacta de la entrada o salida con la que queremos interactuar. Al mecanismo de identificación de I/O en los PLC se le denomina *direccionamiento de entradas y salidas*.

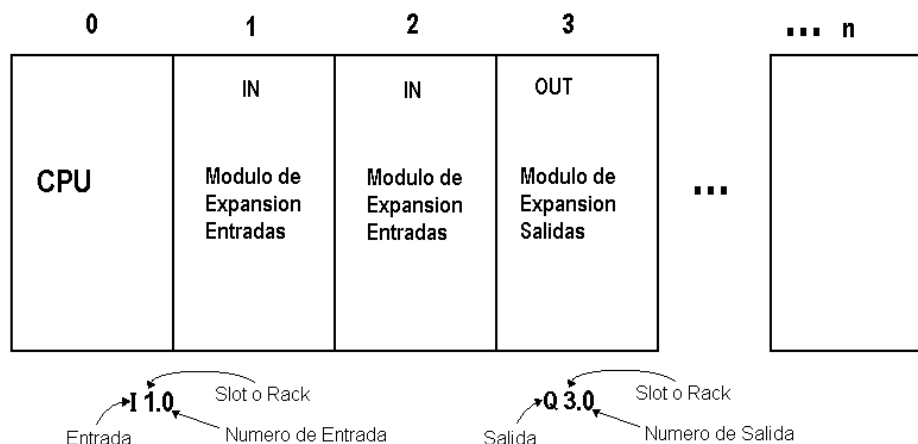


Figura 2.13 Direccionamiento de E/S

FUENTE: <http://www.adrformacion.com/>

El direccionamiento de I/O varía de marca en marca, inclusive de modelo en modelo en los PLC, pero generalmente, la mayoría de los fabricantes adopta una terminología que tiene relación con la ubicación física de la I/O. tenemos:

- Direccionamiento PLC Twido Telemecanique

Tabla 2.1 Direccionamiento PLC Twido Telemecanique.

	ENTRADA	SALIDA
Digital	%I0.0	%Q0.0
Analógicas	%IW0.0	%QW0.0

FUENTE: Propia.

- Direccionamiento PLC Allen Bradley SLC-5/04.

Tabla 2.2 Direccionamiento PLC Allen Bradley SLC-5/04.

	ETRADA	SALIDA
Digital y analógicas	I:0/0	O:0.0

FUENTE: Propia.

El direccionamiento E/S analógicas es la misma que las discretas dependen solo de la ubicación del módulo en el rack o slot.

- Direccionamiento PLC Siemens S7 1200

Tabla 2.3 Direccionamiento PLC Siemens S7-1200.

Dirección	Tipo de datos	Símbolo	Comentario
%EW 64	Int	AI_Level_Tank1	Entrada analógica nivel de llenado depósito 1
%A 0.0	Bool	Tank1_max	Indicación nivel de llenado > 990 litros
%A 0.1	Bool	Tank1_min	Indicación nivel de llenado < 110 litros

FUENTE: Propia

2.2.5 Módulos de Expansión E/S Analógicos.

Estos módulos permiten manejar entradas y salidas análogas en nuestro PLC de manera de poder efectuar lecturas y control analógico de variables en nuestros procesos, estas entradas y salidas analógicas se caracterizan, generalmente por:

- **Resolución:** Depende de la cantidad de bits del conversor utilizado, generalmente se requiere una resolución no inferior a 10 bits, 12 bits se usa generalmente cuando las aplicaciones son de alta precisión
- **Tiempo de Conversión:** Corresponde al tiempo empleado en convertir el valor analógico en su correspondiente valor discreto. Este es un factor muy importante ya que define el tipo de aplicación para el cual puede emplearse el módulo. Generalmente en control de procesos, la velocidad de variación de las variables es relativamente lenta, sobre 1 segundo, por lo cual las exigencias de velocidad en los módulos analógicos no son muy exigentes. Generalmente razones de conversión del orden de los milisegundos es suficiente.
- **Número de Canales:** Corresponde a la cantidad de entradas o salidas que puede manejar el módulo, generalmente están agrupadas en 4 o más I/O. También existen agrupaciones de entradas y salidas agrupadas en un solo módulo.
- **Tipo de Entrada:** Corresponde al tipo de entrada que es posible manejar el módulo, estas pueden ser Entrada o Salida en Corriente, 4-20 mA, 0-20 mA, en tensión, 0-10v, -10 --+10 v.

Los primeros módulos analógicos que se incorporaron a los PLC solo podían manejar un determinada tipo de entrada, sin embargo hoy en día es posible encontrar módulos de propósitos generales configurables por Software que permiten combinar distintos tipos de entrada o de salida.

2.2.6 Ventajas del PLC.

No todos los Automatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y a las innovaciones técnicas que surgen constantemente, nos referiremos a las ventajas que proporciona un Autómata del tipo medio.

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
 - ✓ No es necesario dibujar el esquema de contactos.
 - ✓ No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general, la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
 - ✓ La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente se elimina parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación
- Menor costo de mano de obra de la instalación
- Economía de mantenimiento, además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos Automatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un solo PLC
- Menor tiempo para la puesta en marcha del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la maquina queda fuera de servicio, el Autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción

2.2.7 Desventajas del PLC.

La tecnología PLC aún ha de enfrentarse a una serie de problemas que es necesario resolver. El primer escollo que debe superar es el propio estado de las líneas eléctricas., si las redes están deterioradas, los cables se encuentran en mal estado o tienen empalmes mal hechos no es posible utilizar esta tecnología.

La distancia también puede ser una limitación, la medida óptima de transmisión es de 100 metros por lo que, a mayores distancias, se hace necesario instalar repetidores. Además, el cable eléctrico es una línea metálica recubierta de un aislante., esto genera a su alrededor unas ondas electromagnéticas que pueden interferir en las frecuencias bien por ruido hacia otras señales en la misma banda de frecuencias como de interferencia de datos, por lo que será necesario aplicar algoritmos de cifrado.

2.3 PLC SIEMENS S7-1200.

2.3.1 Introducción.

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que

puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

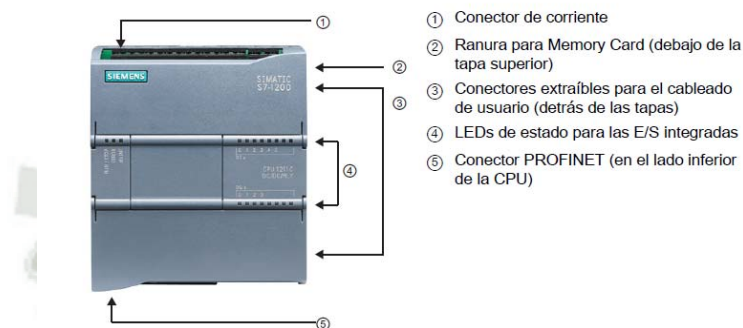


Figura 2.14 Especificaciones PLC S7-1200.

FUENTE: Sistema de ayuda Software TIA portal V.12

2.3.2 Capacidad de expansión de la CPU.

La familia S7-1200 ofrece diversos módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU con E/S adicionales y otros protocolos de comunicación. Para más información sobre un módulo en particular.

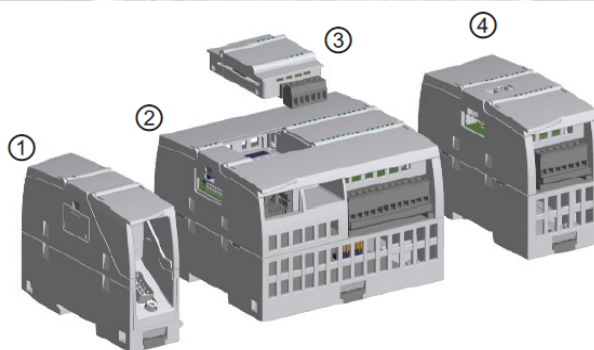


Figura 2.15 Partes de Expansión de un PLC S7-1200. (1)Módulo de comunicación (CM), procesador de comunicaciones (CP) o TS Adapter. (2)CPU. (3)Signal Board (SB) o placa de comunicación (CB). (4)Módulo de señales (SM)

FUENTE: Sistema de ayuda Software TIA portal V.12.

Tabla 2.4 Señales Digitales y Signal Boards.

Tipo	Sólo entradas	Sólo salidas	Combinación de entradas y salidas
③ SB digital	<ul style="list-style-type: none"> Entrada: 4 x 24 V DC, 200 kHz Entrada: 4 x 5 V DC, 200 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> Salida: 4 x 24 V DC, 200 kHz Salida: 4 x 5 V DC, 200 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> Entrada: 2 x 24 V DC / Salida: 2 x 24 V DC Entrada: 2 x 24 V DC / Salida: 2 x 24 V DC, 200 kHz Entrada: 2 x 5 V DC / Salida: 2 x 5 V DC, 200 kHz
④ SM digital	<ul style="list-style-type: none"> Entrada: 8 x 24 V DC 	<ul style="list-style-type: none"> Salida: 8 x 24 V DC 8 salidas de relé 	<ul style="list-style-type: none"> Entrada: 8 x 24 V DC / Salida: 8 x 24 V DC Entrada: 8 x 24 V DC / 8 salidas de relé 8 x 120/230VAC In / 8 x salidas de relé
	<ul style="list-style-type: none"> Entrada: 16 x 24 V DC 	<ul style="list-style-type: none"> Salida: 16 x 24 V DC 16 salidas de relé 	<ul style="list-style-type: none"> Entrada: 16 x 24 V DC / Salida: 16 x 24 V DC Entrada: 16 x 24 V DC / 16 salidas de relé

FUENTE: Sistema de ayuda Software TIA portal V.12.

2.3.3 Módulos de señales.

Los módulos de señales se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU. Los módulos de señales se conectan a la derecha de la CPU

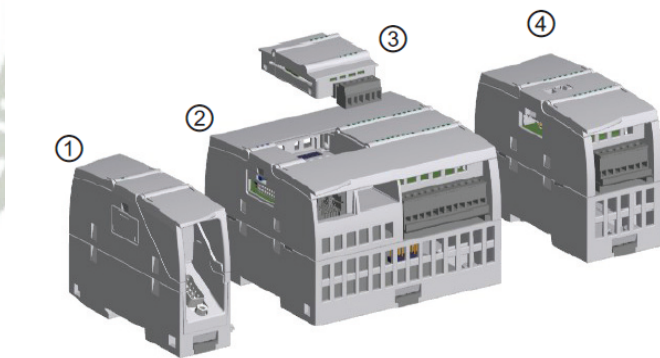


Figura 2.16 Módulo de Señales de un PLC S7-1200. (1)LEDs de estado para las E/S del módulo de señales (2) Conector de bus. (3)Conector extraíble para el cableado de usuario.

FUENTE: Sistema de ayuda Software TIA portal V.12.

2.3.4 Montaje.

Como regla general para la disposición de los dispositivos del sistema, los aparatos que generan altas tensiones e interferencias deben mantenerse siempre alejados de los equipos de baja tensión y de tipo lógico, tales como el S71200.

Al configurar la disposición del S7-1200 en el panel, se deben tener en cuenta los aparatos que generan calor y disponer los equipos electrónicos en las zonas más frías del armario eléctrico. Si se reduce la exposición a entornos de alta temperatura, aumentará la vida útil de cualquier dispositivo electrónico.

También se debe considerar la ruta del cableado de los dispositivos montados en el panel.

Evite tender las líneas de señales de baja tensión y los cables de comunicación en un mismo canal junto con los cables AC y DC de alta energía y conmutación rápida.

La refrigeración de los dispositivos S71200 se realiza por convección natural. Para la refrigeración correcta es preciso dejar un espacio mínimo de 25 mm por encima y por debajo de los dispositivos. Asimismo, se deben prever como mínimo 25 mm de profundidad entre el frente de los módulos y el interior de la carcasa

2.3.4.1 Corriente Necesaria

La CPU dispone de una fuente de alimentación interna que suministra energía eléctrica a la CPU, los módulos de señales, la Signal Board y los módulos de comunicación, así como otros equipos consumidores de 24 V DC. En los datos técnicos encontrará más información sobre la corriente de 5 V DC que suministra la CPU y la corriente de 5 V DC que requieren los módulos de señales, la Signal Board y los módulos de comunicación. En "Calcular la corriente necesaria" encontrará más información sobre cómo determinar cuánta energía (o corriente) puede proveer la CPU para la configuración.

La CPU provee una alimentación de sensores de 24 V DC que puede suministrar 24 V DC a las entradas y bobinas de relé de los módulos de señales, así como a otros

equipos consumidores. Si los requisitos de corriente de 24 V DC exceden la capacidad de la alimentación de sensores, es preciso añadir una fuente de alimentación externa de 24 V DC al sistema. En los datos técnicos se indica la corriente necesaria para la alimentación de sensores de 24 V DC de las distintas CPUs S7-1200. Si se requiere una fuente de alimentación externa de 24 V DC, vigile que no se conecte en paralelo con la alimentación de sensores de la CPU. Para aumentar la protección contra interferencias, se recomienda conectar los cables neutros (M) de las distintas fuentes de alimentación.

Algunos puertos de entrada de alimentación de 24 V DC del sistema S7-1200 están interconectados, teniendo un circuito lógico común que conecta varios bornes M. Por ejemplo, los circuitos siguientes están interconectados si no tienen aislamiento galvánico según las hojas de datos técnicos: la fuente de alimentación de 24 V DC de la CPU, la entrada de alimentación de la bobina de relé de un SM, o bien la fuente de alimentación de una entrada analógica sin aislamiento galvánico. Todos los bornes M sin aislamiento galvánico deben conectarse al mismo potencial de referencia externo.

2.3.5 Tareas que realizan en cada ciclo el CPU.

El ciclo ofrece una lógica coherente durante la ejecución del programa de usuario en un ciclo determinado y previene fluctuaciones en las salidas físicas, cuyo estado puede cambiar varias veces en la memoria imagen de proceso de las salidas. En cada ciclo se escriben valores en las salidas, se leen las entradas, se ejecutan las instrucciones del programa de usuario y se realiza el mantenimiento del sistema o procesamiento en segundo plano.

En condiciones estándar, todas las E/S digitales y analógicas utilizan un área de memoria interna denominada "memoria imagen de proceso" para actualizar las E/S de

forma síncrona con el ciclo. La memoria imagen de proceso contiene una instantánea de las entradas ("memoria I") y salidas ("memoria Q") físicas de la CPU, la Signal Board y los módulos de señales. El ciclo ofrece una lógica coherente durante la ejecución del programa de usuario en un ciclo determinado y previene fluctuaciones en las salidas físicas, cuyo estado puede cambiar varias veces en la memoria imagen de proceso de las salidas. En cada ciclo se escriben valores en las salidas, se leen las entradas, se ejecutan las instrucciones del programa de usuario y se realiza el mantenimiento del sistema o procesamiento en segundo plano.

En condiciones estándar, todas las E/S digitales y analógicas utilizan un área de memoria interna denominada "memoria imagen de proceso" para actualizar las E/S de forma síncrona con el ciclo. La memoria imagen de proceso contiene una instantánea de las entradas ("memoria I") y salidas ("memoria Q") físicas de la CPU, la Signal Board y los módulos de señales.

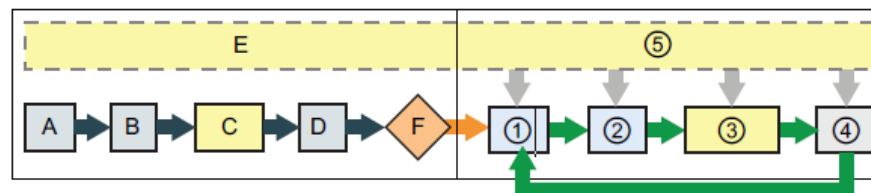


Figura 2.17 Módulo de Señales de un PLC S7-1200

FUENTE: Sistema de ayuda Software TIA portal V.12.

Estado Operativo de Arranque A El área de entradas de la memoria imagen de proceso (memoria I) se borra. B Las salidas se inicializan con el último valor. C Se ejecuta la lógica de arranque (contenida en bloques lógicos especiales). D El estado de las entradas físicas se copia en la memoria I. E Los eventos de alarma se ponen en cola de espera para ser procesados en el estado operativo RUN. F Se habilita la escritura del área de salidas de la memoria imagen de proceso (memoria Q) en las salidas físicas.

Estado Operativo de RUN:

1. La memoria Q se escribe en las salidas físicas.
2. El estado de las entradas físicas se copia en la memoria I.
3. Se ejecuta la lógica del programa de usuario.
4. Se realiza el autodiagnóstico.
5. Las alarmas y comunicaciones se procesan en cualquier parte del ciclo.

2.3.6 Datos Almacenados en bits, bytes y palabras.

Un "bit" (o "dígito binario") es la unidad de información más pequeña en un sistema digital. Un bit almacena uno de dos estados posibles, bien sea "0" (falso) o "1" (verdadero). Un interruptor de luz es un ejemplo de un sistema "binario" con sólo dos estados. El interruptor de luz determina el estado "encendido" o "apagado" y este "valor" se puede guardar en un bit. El valor digital del interruptor de luz responde a la pregunta: "¿Está encendida la luz?" Si la luz está encendida ("verdadero"), el valor es 1. Si la luz está apagada ("falso"), el valor es 0.

La CPU organiza los bits de datos en grupos. Un grupo de 8 bits ① se denomina byte ②

Cada bit del grupo está definido exactamente por una posición propia con una dirección específica. Todo bit tiene una dirección de byte y direcciones de bit de 0 a 7.

Un grupo de 2 bytes se denomina "palabra". Un grupo de 4 bytes se denomina "palabra doble". El sistema numérico binario (en base 2) se utiliza para contar los números. Una palabra puede representar un número entero comprendido entre -32768 y +32767. El bit con el valor 215 se utiliza para indicar un número negativo (si la posición 215 tiene el valor "1", significa que el número es negativo).

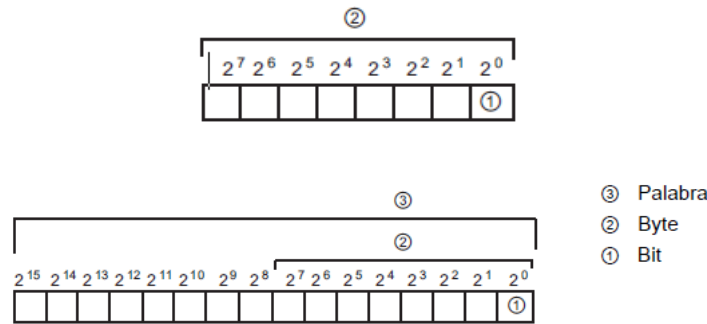


Figura 2.18 Almacenamiento de Datos

FUENTE: Sistema de ayuda Software TIA portal V.12.

2.3.7 Almacenamiento de datos, áreas de memoria y direccionamiento.

La CPU ofrece varias opciones para almacenar datos durante la ejecución del programa de usuario:

- **Memoria global:** La CPU ofrece distintas áreas de memoria, incluyendo entradas (I), salidas (Q) y marcas (M). Todos los bloques lógicos pueden acceder sin restricción alguna a esta memoria.
- **Bloque de datos (DB):** Es posible incluir DBs en el programa de usuario para almacenar los datos de los bloques lógicos. Los datos almacenados se conservan cuando finaliza la ejecución del bloque lógico asociado. Un DB "global" almacena datos que pueden ser utilizados por todos los bloques lógicos, mientras que un DB instancia almacena datos para un bloque de función (FB) específico y está estructurado según los parámetros del FB.
- **Memoria temporal:** Cada vez que se llama un bloque lógico, el sistema operativo de la CPU asigna la memoria temporal o local (L) que debe utilizarse durante la ejecución del bloque. Cuando finaliza la ejecución del bloque lógico, la CPU reasigna la memoria local para la ejecución de otros bloques lógicos. Toda posición de memoria diferente tiene una dirección unívoca. El programa de usuario utiliza estas direcciones para acceder a la información de la posición de memoria.

2.3.8 Tipo De Datos.

Los tipos de datos se utilizan para determinar el tamaño de un elemento de datos y cómo deben interpretarse los datos. Todo parámetro de instrucción soporta como mínimo un tipo de datos. Algunos parámetros soportan varios tipos de datos. Sitúe el cursor sobre el campo de parámetro de una instrucción para ver qué tipos de datos soporta el parámetro en cuestión.

Un parámetro formal es el identificador en una instrucción que indica la ubicación de los datos que deben utilizarse (ejemplo: la entrada IN1 de una instrucción ADD). Un parámetro actual es la posición de memoria o constante que contiene los datos que debe utilizar la instrucción (ejemplo: %MD400 "Número_de_widgets"). El tipo de datos del parámetro actual definido por el usuario debe concordar con uno de los tipos de datos que soporta el parámetro formal especificado por la instrucción.

Al definir un parámetro actual es preciso indicar una variable (símbolo) o una dirección absoluta. Las variables asocian un nombre simbólico (nombre de variable) con un tipo de datos, área de memoria, offset y comentario. Se pueden crear bien sea en el editor de variables PLC, o bien en la interfaz del bloque (OB, FC, FB o DB). Si se introduce una dirección absoluta que no tenga una variable asociada, es preciso utilizar un tamaño apropiado que coincida con el tipo de datos soportado. Al realizar la entrada se creará una variable predeterminada. También es posible introducir un valor de constante para numerosos parámetros de entrada.

La tabla siguiente muestra los tipos de datos simples soportados, incluyendo ejemplos de entrada de constantes. Todos los tipos de datos, excepto String, están disponibles en el editor de variables PLC y en la interfaz del bloque. String sólo está

disponible en la interfaz del bloque. La tabla siguiente muestra los tipos de datos simples.

Tabla 2.5 Tipos de datos.

Tipo de datos	Tamaño (bits)	Rango	Ejemplos de entrada de constantes
Bool	1	0 a 1	TRUE, FALSE, 0, 1
Byte	8	16#00 a 16#FF	16#12, 16#AB
Word	16	16#0000 a 16#FFFF	16#ABCD, 16#0001
DWord	32	16#00000000 a 16#FFFFFFFF	16#02468ACE
Char	8	16#00 a 16#FF	'A', 't', '@'
Sint	8	128 a 127	123, -123
Int	16	32.768 a 32.767	123, -123
Dint	32	-2.147.483.648 a 2.147.483.647	123, -123
USInt	8	0 a 255	123
UInt	16	0 a 65.535	123
UDInt	32	0 a 4.294.967.295	123
Real	32	+/-1,18 x 10 ⁻³⁸ a +/-3,40 x 10 ³⁸	123,456, -3,4, -1,2E+12, 3,4E-3
LReal	64	+/-2,23 x 10 ⁻³⁰⁸ a +/-1,79 x 10 ³⁰⁸	12345.123456789 -1,2E+40
Time	32	T#-24d_20h_31m_23s_648ms a T#24d_20h_31m_23s_647ms Almacenado como: -2,147,483,648 ms a +2,147,483,647 ms	T#5m_30s 5#-2d T#1d_2h_15m_30x_45ms
String	Variable	0 a 254 caracteres en tamaño de byte	'ABC'

FUENTE: Sistema de ayuda Software TIA portal V.12.

2.4 Sensores y Actuadores.

2.4.1 Definición Sensores.

Los sensores son unos dispositivos que transforman parámetros físicos en parámetros eléctricos. Se usan diferentes tipos de sensores dependiendo de la variable física que se desee tratar.

En la figura 2.20 se muestra un esquema que explica el funcionamiento general de un sensor. Se puede apreciar que, por regla general, es necesario procesar de alguna manera las señales (procesamiento previo) antes de que la información llegue a un

sistema ejecutor constituido por actuadores. La función del sensor se aprovecha para la primera conversión de señales recurriendo a diversos principios físicos.

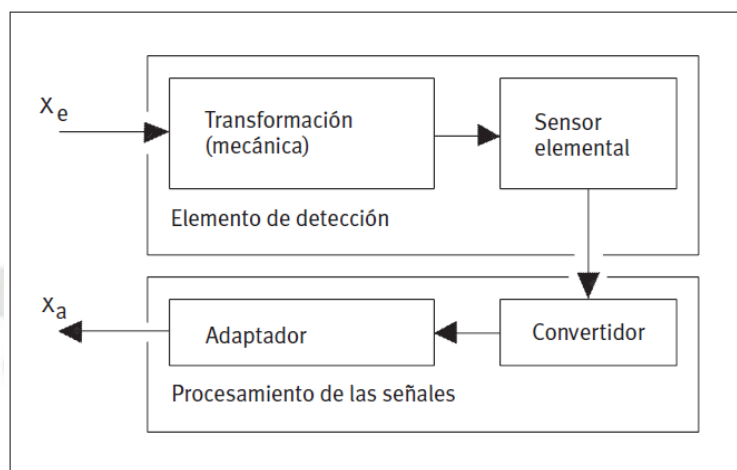


Figura 2.19 Funcionamiento de un sensor

FUENTE: Tesis de Grado Fernando Emilio

2.4.2 Tipos de Sensores.

Dependiendo del tipo de material o proceso a automatizar se puede elegir diversos tipos de sensores, existe una gran variedad de sensores en el mercado entre los más conocidos tenemos:

2.4.2.1 Sensores Inductivos.

Como se puede observar en la figura 2.21, los sensores de proximidad inductivos están formados por un oscilador que empieza a oscilar si consume cierta corriente, entonces se crea un campo alterno de alta frecuencia que sobresale.

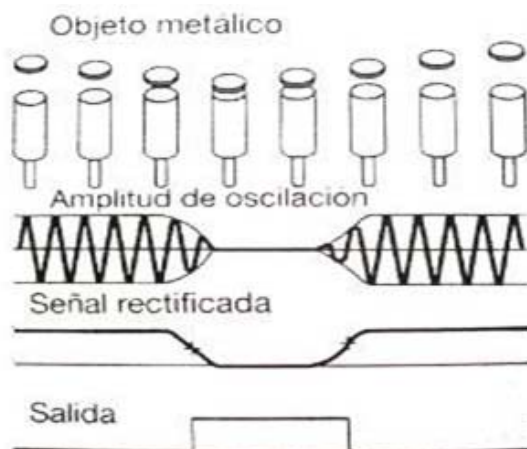


Figura 2.20 Sensor Inductivo

FUENTE: <http://automatismoindustrial.com/417-2/>

Si en este campo irrumpe un objeto metálico (no hace falta que sea ferromagnético), se induce en el objeto una corriente que se opone al campo. Entonces el consumo de corriente disminuye, esta pérdida de corriente nos da mucha información: por ejemplo podemos medir y controlar posiciones o también podemos calcular la velocidad y las revoluciones del objeto en movimiento.

2.4.2.1.1 Ventajas:

- No hay contacto con el objeto.
- No están expuestos al desgaste.
- No necesita mantenimiento.
- La respuesta del detector es clara y rápida.
- Insensibles a los golpes, a las vibraciones y al polvo.
- Resistentes a muchos productos químicos.
- Son de tamaño pequeño.
- Se puede instalar en cualquier lugar.

2.4.2.1.2 Inconvenientes:

- Solo puede medir distancias pequeñas.
- Solo se puede medir velocidades de hasta 50.000 r.p.m.

2.4.2.1.3 Aplicaciones:

Su utilización es muy apropiada en sistemas de fabricación automáticos ya que sus aplicaciones son muchas y es de larga duración, sin mantenimiento y muy eficaz.

Normalmente estos detectores vienen provistos con una rosca para facilitar su montaje, puede medir magnitudes tales como distancia o velocidad.

Una buena aplicación industrial podría ser la de la de una cadena de montaje de objetos metálicos de tal forma que los sensores inductivos avisarían si falta algún objeto o si alguno no está en su posición correcta.

2.4.2.2 Sensor Capacitivo

Los detectores de proximidad capacitivos funcionan como un condensador. Pueden utilizarse para la detección de objetos conductores o dieléctricos. En la figura 2.22 se muestra su principio de funcionamiento. En este caso, se mide la distancia “s”. La distancia de conmutación puede ser de máximo 60 mm aproximadamente. Los detectores capacitivos se utilizan especialmente para la medición precisa de recorridos. En el caso de construcción es tubulares, los recorridos pueden llegar a ser de hasta 2 metros.

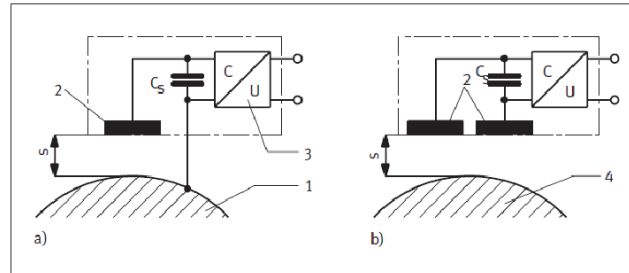


Figura 2.21 Principio De Funcionamiento Del Sensor Capacitivo.

FUENTE: <http://automatismoindustrial.com>

2.4.2.2.1 Funcionamiento:

Las sustancias metálicas y las no metálicas, tanto si son líquidas como sólidas, disponen de una cierta conductividad y una constante eléctrica. Los sensores capacitivos detectan los cambios provocados por estas sustancias en el campo eléctrico de su área de detección. Se observa que hay un campo estático provocado por el oscilador del sensor, ya que está situado detrás del electrodo de base. Durante ese periodo de encendido y apagado del oscilador, la evaluación de los cambios nos da información exacta sobre el objeto.

2.4.2.2.2 Ventajas:

- Alto nivel de estabilidad con temperatura.
- Alcances de detección mejorados para reservas funcionales.
- Inmunidad contra: Interferencias electromagnéticas (por ejemplo: las que da un teléfono móvil); Choques, vibraciones y polvo.
- No están expuestos al desgaste
- No necesita mantenimiento.
- Resistentes a muchos productos químicos.
- Son de tamaño pequeño.
- Se puede instalar en cualquier lugar.

2.4.2.2.3 Inconvenientes:

El principio capacitivo tiene como desventaja la detección adicional de depósitos de suciedad y humedad en la superficie misma del detector. El polvo, aceite y agua constituyen fuentes de posibles errores, ya que tienen un efecto aislante. En esos casos, el error consiste en que la distancia total medida es menor que la distancia real.

Para solucionar este problema se utilizan detectores capacitivos provistos de un electrodo de compensación, con lo que en la mayoría de los casos se evita una conmutación indebida.

2.4.2.2.4 Aplicaciones:

Como los sensores inductivos, su utilización es muy apropiada en sistemas de fabricación automáticos. Normalmente estos detectores vienen provistos con una rosca para facilitar su montaje. Se utiliza generalmente en procesos de automatización para detectar la presencia y/o niveles de líquidos, detectar polvo en los objetos, y también para identificar sólidos.

2.4.2.3 Sensores Neumáticos:

En muchos casos los captadores tienen que detectar el objeto sin contacto con él. Por eso se pueden emplear captadores neumáticos. Luego la señal que captamos la tenemos que transformar en una señal eléctrica.

Estos captadores pueden ser de tres tipos:

- Detectores de paso
- De proximidad
- De presión dinámica

2.4.2.4 Final de Carrera

El final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") o limitswitch, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados. (Figura 2.27).

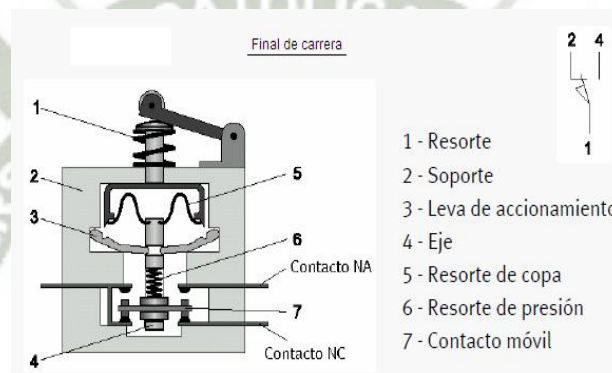


Figura 2.22 Final De Carrera.

FUENTE: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/sensor-fin-de-carrera-el-final-de.html>

2.4.2.5 Sensores Ultrasónicos

Los sensores ultrasónicos (Figura.2.28), tienen como función principal la detección de objetos a través de la emisión y reflexión de ondas acústicas. Funcionan emitiendo un pulso ultrasónico contra el objeto a censar, y al detectar el pulso reflejado, separa un contador de tiempo que inicio su conteo al emitir el pulso. Este tiempo es referido a distancia y de acuerdo con los parámetros elegidos de respuesta con ello manda una señal eléctrica digital o analógica.

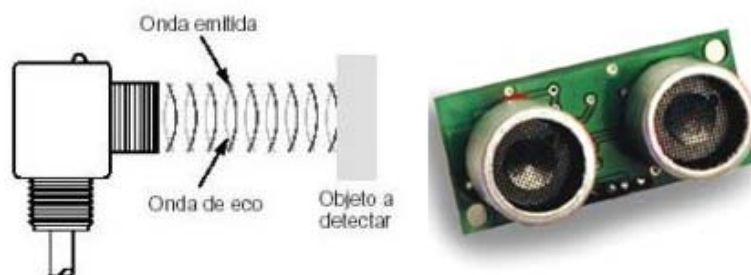


Figura 2.23 Sensor Ultrasónico.

FUENTE: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/ultrasonico.html>

2.4.2.6 Sensores Magnéticos.

El detector Reed es un detector de proximidad clásico (reed significa lengüeta en inglés). Este detector reacciona a los campos magnéticos. En la fig. 2.29 se explica su funcionamiento. El detector tiene 2 lengüetas de contacto elásticas y ferromagnéticas (de aleación Fe-Ni) que se encuentran en un tubo de vidrio hermético lleno de un gas inerte.

Si se acerca un campo magnético al tubo, las lengüetas se tocan, con lo que se cierra un circuito eléctrico. La reacción es de apenas una milésima de segundo. Los detectores Reed no se desgastan.

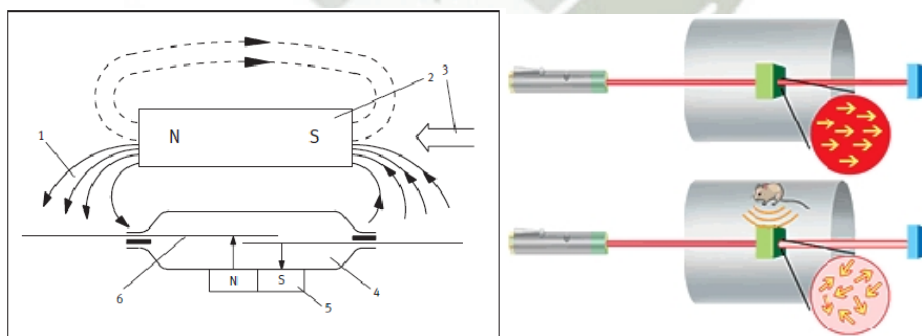


Figura 2.24 Funcionamiento del Sensor Magnético.

FUENTE: <http://neofronteras.com/?p=1015>

Estos interruptores, utilizados como detectores de posición, ofrecen una precisión de conmutación de $\pm 0,1$ mm. Claro está que hay que evitar que se encuentre

otro campo magnético en las cercanías. De ser así, es necesario apantallar de modo apropiado al detector.

2.4.2.7 Encoders

Se usan para posicionamiento y control de motores. Se acoplan al eje del motor y van rodando con él. Se basan en una rueda con unos agujeros. En un lado hay un emisor de luz y en el otro un receptor. Cuando el encoder gira el receptor va dando pulsos y se logra saber la velocidad y la posición del motor. Figura.2.31

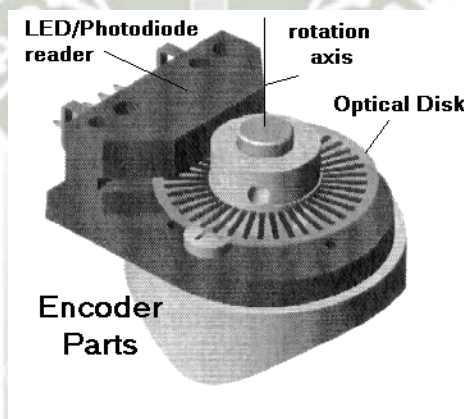


Figura 2.25 Encoders Acoplado A Un Motor

FUENTE: <http://www.vargasbots.com/>

2.4.2.8 Sensor de Temperatura

Suelen ser unas resistencias que varían su valor dependiendo de la temperatura. Las mismas que cuando aumenta el calor, aumentan la resistencia (PTC) y otras que cuando el calor aumenta disminuyen su valor (NTC), su estructura se muestra en la Figura. 2.32.

Existen sensores de temperatura que están formados por un par de metales (como una uve "V") que crean en sus bornes un voltaje proporcional a la diferencia de temperatura de éstos. Este tipo de dispositivos se denominan termopares o termocuplas.



Figura 2.26 Sensores De Temperatura.

FUENTE: www.directindustry.es

2.4.3 Definición de actuadores.

Los actuadores son elementos de potencia que deben poseer la energía suficiente para vencer a las variables físicas que se están controlando, y de esta manera poder manipularlas.

2.4.4 Tipos de Actuadores.

2.4.4.1 Actuadores Neumáticos

Estos dispositivos pueden generar desplazamientos tanto lineales como giratorios, y son de los más empleados dentro de los procesos industriales, ya que se ubican en estaciones de trabajo que tienen que posicionar las distintas piezas para maquinar algún producto, o mover de una estación a otra los productos semiconstruidos y de esta manera seguir con el proceso que se trate.



Figura 2.27 Cilindros neumáticos con vástago y sin vástago.

FUENTE: www.directindustry.es

Los actuadores neumáticos generan una fuerza fija que puede estar dentro del rango de hasta 25000 N (Newtons), por otra parte si se requiere controlar sus giros si se trata de un motor neumático se trata de una tarea imposible, pero como ventajas se tiene que se puede almacenar en un tanque aire comprimido y con este se puede trabajar.

Los actuadores neumáticos requieren de válvulas de control para que se activen o desactiven los cilindros (para desplazamiento lineal) o los motores (movimiento circular).



Figura 2.28 Válvula de control neumática.

FUENTE: www.directindustry.es

Los actuadores neumáticos entre otras características son muy limpios en cuanto a su modo de operación, ya que utilizan aire comprimido, razón por la cual se les emplea sobre todo en la industria alimenticia, y en aquellos procesos en donde se tienen ambientes muy explosivos, y que requieren de un ambiente limpio en general.



Figura 2.29 Motores neumáticos.

FUENTE: <http://industrial-automatica.blogspot.com/>

2.4.4.2 Actuadores Hidráulicos

Estos dispositivos son similares a los neumáticos, pero su principal diferencia radica en la potencia que desarrollan al realizar su trabajo, ya que esta se encuentra por encima de los 25000 N (Newtons). Principalmente los encontramos en grúas o cilindros que tienen que desplazar linealmente grandes objetos que poseen pesos exorbitantes, y es aquí donde ningún elemento actuador puede reemplazar a los hidráulicos.

Existen tanto cilindros como también motores hidráulicos, los cuales requieren de un aceite que es el que se desplaza por estructura y proporciona la fuerza de trabajo. El caudal del aceite es controlado por válvulas que son las que activan o desactivan a los elementos hidráulicos.



Figura 2.30 Motores hidráulicos.

FUENTE: <http://industrial-automatica.blogspot.com/>

2.4.4.3 Actuadores Eléctricos

Estos dispositivos de potencia principalmente generan desplazamientos giratorios, y son empleados con mucha frecuencia dentro de los procesos industriales, ya sea para llenar un tanque con algún líquido, o atornillar las piezas de un producto, o proporcionarle movimiento a una banda transportadora, etc. Los actuadores eléctricos generan una fuerza fija que se encuentra por debajo del rango de 25000 N (Newtons), pero como ventaja principal se tiene la de poder controlar sus r.p.m. (revoluciones por minuto).

Los actuadores eléctricos requieren de elementos contactores para que abran o cierren la conexión de la energía eléctrica a sus terminales de alimentación (activar o desactivar respectivamente). Se debe de tener en cuenta que estos actuadores son de naturaleza electromagnética, por lo que se deben de contemplar los respectivos dispositivos que filtren y eliminen la f.c.e.m que generan los motores cuando se desenergizan.



Figura 2.31 Motores eléctricos.

FUENTE: <http://industrial-automatica.blogspot.com/>

2.4.4.4 Actuadores Electromagnéticos

Aquí nos referimos principalmente a los relevadores y no a los motores que ya fueron revisados en el apartado anterior. Ahora bien, los relés también se pueden

considerar como dispositivos que hacen las funciones de interface entre la etapa de control (PLC) y la etapa de potencia, pero aunque así fuera, existen relés que llegan a demandar una cantidad importante de corriente eléctrica, motivo por el cual tienen que considerarse por sí solos como elementos de potencia. Por lo que para energizar su bobina es necesario contemplar lo relacionado a cargas electromagnéticas para que su influencia no afecte el desempeño de todo el equipo de control automático.

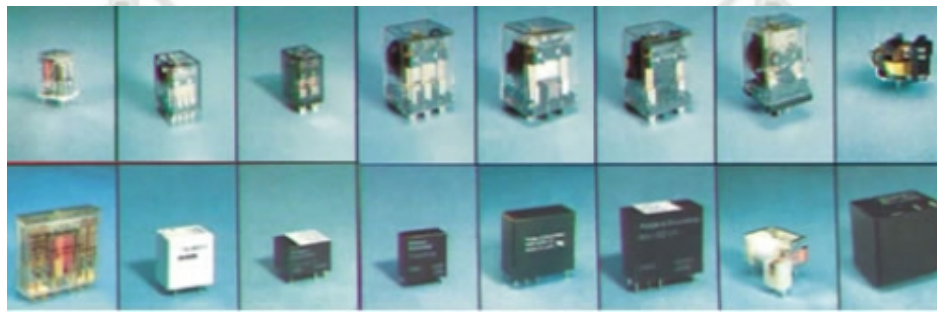


Figura 2.32 Relés

FUENTE: <http://industrial-automatica.blogspot.com/>

2.4.4.5 Reductor de velocidad

Los Reductores o moto reductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes.

Al emplear reductores o motor reductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.

- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motor reductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo Motor reductor un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor.

Normalmente los motores empleados responden a la clase de protección IP-44 (Según DIN 40050). Bajo pedido se puede mejorar la clase de protección en los motores y unidades de reducción.

2.4.4.6 Bombas

Al clasificar las bombas se deben tener en cuenta dos consideraciones fundamentales: el método para mover los líquidos y el tipo de servicio de la bomba. Por el movimiento de los fluidos las bombas pueden ser agrupadas en dos categorías.

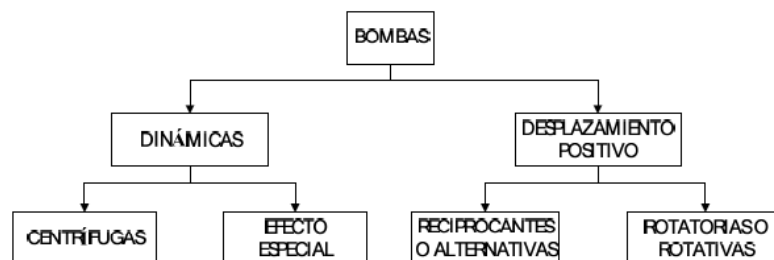


Figura 2.33 Clasificación de las Bombas.

FUENTE: <http://ddplantas.blogspot.com/>

2.4.4.6.1 Bomba Dosificadora.

Son un tipo de bombas especiales que sirve para la correcta dosificación de una sustancia química a una corriente de agua, algún depósito de agua, u otro sistema donde se requiera que la concentración de una sustancia química (cloro, polímeros, meta bisulfito de sodio, etc.) se mantenga constante.

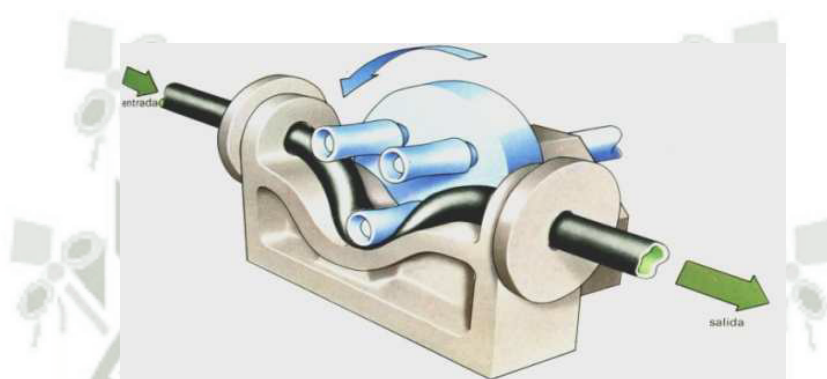


Figura 2.34 Bomba Dosificadora.

FUENTE: <http://www.poolaria.com.mx/>

2.4.4.6.2 Bomba dosificadora peristáltica.

La bomba dosificadora peristáltica es un tipo de bomba de desplazamiento positivo, es decir, tiene una parte de succión y otra de expulsión, por lo que es utilizada para bombear una gran variedad de fluidos. El fluido es transportado por medio de un tubo flexible colocado dentro de una cubierta circular de la bomba. Las bombas peristálticas son ideales para dosificar de manera controlada líquidos o pastas, los cuales son aplicados en cierto momento o de manera continua en ciertos procesos. Algunas aplicaciones comunes incluyen bombear productos químicos agresivos, mezclas altas en sólidos y otros materiales donde el aislamiento del producto del ambiente, y el ambiente del producto, son críticos.



Figura 2.35 Bomba Peristáltica.

FUENTE: <http://www.directindustry.es/>

2.4.4.6.2.1 Capacidad de una bomba dosificadora peristáltica

El volumen de contenido desplazado por la bomba en cada vuelta, dependerá del diámetro interior del conducto utilizado, de la compresión del mismo por los rodillos y de la velocidad de la bomba. El tiempo en el que ocurra ese desgaste dependerá del material utilizado para el conducto y el espesor de las paredes del mismo.

2.4.4.6.2.2 Aplicaciones de las bombas dosificadoras peristálticas

- Tratamiento del agua potable y las aguas residuales.
- Tratamiento de las aguas de calderas.
- Procesos químicos y petroquímicos.
- Industria Agroalimentaria, Agricultura.

- Fabricación de detergentes.
- Producción farmacéutica
- Dispensar de bebidas

2.4.4.6.3 Bomba Centrífuga

La bomba centrífuga mueve un cierto volumen de líquido entre dos niveles; son máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico.

En la figura 2.3, se muestra la bomba centrífuga utilizada en el trabajo de tesis.



Figura 2.36 Bomba Centrífuga.

FUENTE: <http://www.glong-motor.com/>

2.4.4.6.3.1 Esquema de una Bomba Centrífuga.

En la figura 2.42, se muestra el corte esquemático de una bomba centrífuga.

- 1a Carcasa,
- 1b Cuerpo de bomba,
- 2 Rodete,
- 3 Tapa de impulsión,
- 4 Cierre del eje,
- 5 Soporte de cojinetes,
- 6 Eje.

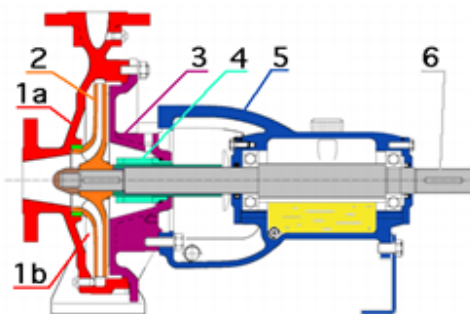


Figura 2.37 Corte esquemático de una bomba centrífuga.

Fuente http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_centric%C3%ADfuga

2.4.4.6.3.2 Principio de Funcionamiento una Bomba Centrífuga.

El principio de funcionamiento de una bomba centrífuga es que la velocidad comunicada por el rodete al líquido se transforma, en parte, en presión, lográndose así su desplazamiento y posterior elevación de líquido.

2.4.4.7 Variadores de Frecuencia.

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y la cupla matriz de los motores asincrónicos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y la velocidad.
- Regulación sin golpes mecánicos.
- Movimientos complejos.
- Mecánica delicada.

El control de los motores eléctricos mediante conjuntos de conmutación “Todo o Nada” es una solución bien adaptada para el accionamiento de una amplia gama de máquinas. No obstante, conlleva limitaciones que pueden resultar incómodas en ciertas aplicaciones.

2.4.4.7.1 Problemas que surgen en el Arranque de Motores Asíncronos.

- El pico de corriente en el arranque puede perturbar el funcionamiento de otros aparatos conectados a la red.
- Las sacudidas mecánicas que se producen durante los arranques y las paradas pueden ser inaceptables para la máquina así como para la seguridad y comodidad de los usuarios,

- Funcionamiento a velocidad constante.

2.4.4.7.2 Factores a tener en cuenta a la hora de diseñar un sistema de regulación de velocidad.

- Límites o gama de regulación.
- Progresividad o flexibilidad de regulación.
- Rentabilidad económica.
- Estabilidad de funcionamiento a una velocidad dada.
- Sentido de la regulación (aumento o disminución con respecto a la velocidad nominal).
- Carga admisible a las diferentes velocidades.
- Tipo de carga (par constante, potencia constante, etcétera).
- Condiciones de arranque y frenado.
- Condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc.)
- Tipo de motor (potencia, corriente, voltaje, etc.)
- Rangos de funcionamiento (máx., mín.)
- Aplicación mono o multimotor.
- Consideraciones de la red (micro interrupciones, fluctuaciones de tensión, armónicas, factor de potencia, corriente de línea disponible).

Tabla 2.6 Comparación de las características de funcionamiento que demuestra el gran interés de los variadores de velocidad.

Motor asíncrono	... en uso normal	...con variador de velocidad
Corriente de arranque	Muy elevada, del orden de 6 a 8 veces la corriente nominal en valor eficaz, 15 - 20 veces en valor cresta	Limitado en el motor (en general: cerca de 1,5 veces la corriente nominal)
Par de arranque C_d	Elevado y no controlado, del orden de 2 a 3 veces el par nominal C_n	Del orden de 1,5 veces el par nominal C_n y controlado durante toda la aceleración
Arranque	Brutal, cuya duración sólo depende de las características del motor y de la carga arrastrada (Par resistente, inercia)	Progresivo, sin brusquedades y controlado (rampa lineal de velocidad, por ejemplo)
Velocidad	Variando ligeramente según la carga (Próxima de la velocidad de sincronismo N_s)	Variación posible a partir de cero hasta un valor superior a la velocidad de sincronismo N_s
Par máximo C_m	Elevado, del orden de 2 a 3 veces el par nominal C_n	Elevado disponible para todo el rango de velocidades (del orden de 1,5 veces el par nominal)
Frenado eléctrico	Relativamente complejo, necesita protecciones y un esquema particular	Fácil
Inversión del sentido de marcha	Fácil solamente después de parada motor	Fácil
Riesgo de bloqueo	Sí, en caso de exceso de par (par resistente > C_m), o en caso de bajada de tensión	No

FUENTE: <http://oreo.schneider-electric.com/flipFlop/16911783/files/docs/all.pdf>

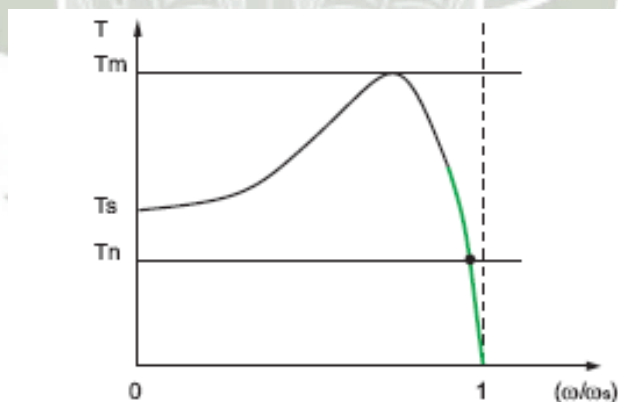


Figura 2.38 Diagrama par-velocidad de un motor alimentado en directo. La zona de funcionamiento del motor en el plano par-velocidad está limitada a la parte a la parte verde la curva.

FUENTE: <http://oreo.schneider-electric.com/flipFlop/16911783/files/docs/all.pdf>

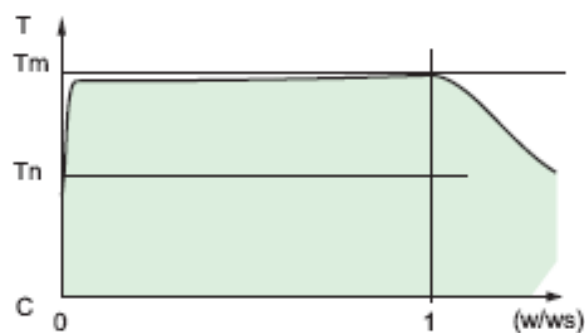


Figura 2.39 Diagrama par-velocidad de un motor alimentado por convertidor de frecuencia.
FUENTE: <http://oreo.schneider-electric.com/flipFlop/16911783/files/docs/all.pdf>

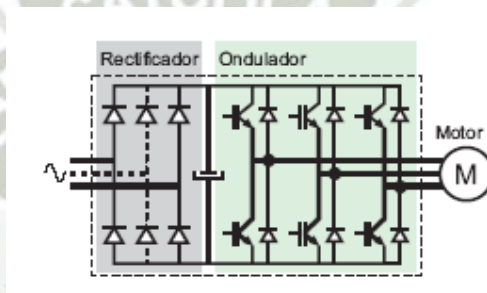


Figura 2.40 Esquema de principio de un convertidor de frecuencia.
FUENTE: <http://oreo.schneider-electric.com/flipFlop/16911783/files/docs/all.pdf>

2.4.4.7.3 Diagrama de bloques

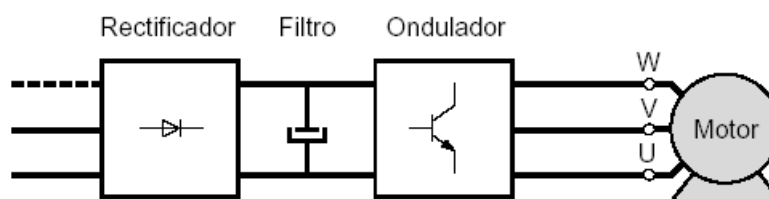


Figura 2.41 Diagrama de bloques de un variador de frecuencia.
FUENTE: <http://oreo.schneider-electric.com/flipFlop/16911783/files/docs/all.pdf>

2.4.4.7.4 Composición de los Variadores

Los arrancadores y variadores de velocidad electrónicos se componen de dos módulos generalmente montados en una misma envolvente :

- Un módulo de control que controla el funcionamiento del aparato,
- Un módulo de potencia que alimenta el motor con energía eléctrica.

2.4.4.7.4.1 El módulo de Control

En los arrancadores y variadores modernos, todas las funciones se controlan mediante un microprocesador que gestiona la configuración, las órdenes transmitidas por un operador o por una unidad de proceso y los datos proporcionados por las medidas como la velocidad, la corriente, etcétera.

Las capacidades de cálculo de los microprocesadores, así como de los circuitos dedicados (ASIC) han permitido diseñar algoritmos de mando con excelentes prestaciones y, en particular, el reconocimiento de los parámetros de la máquina arrastrada. A partir de estas informaciones, el microprocesador gestiona las rampas de aceleración y deceleración, el control de la velocidad y la limitación de corriente, generando las señales de control de los componentes de potencia. Las protecciones y la seguridad son procesadas por circuitos especializados (ASIC) o están integradas en los módulos de potencia (IPM).

Los límites de velocidad, las rampas, los límites de corriente y otros datos de configuración, se definen usando un teclado integrado o mediante PLC (sobre buses de campo) o mediante PC. Del mismo modo, los diferentes comandos (marcha, parada, frenado...) pueden proporcionarse desde interfaces de diálogo hombre/máquina, utilizando autómatas programables o PC. Los parámetros de funcionamiento y las informaciones de alarma, y los defectos pueden verse mediante displays, diodos LED,

visualizadores de segmentos o de cristal líquido o pueden enviarse hacia la supervisión mediante un bus de terreno. Los relés, frecuentemente programables, proporcionan información de:

- fallos (de red, térmicos, de producto, de secuencia, de sobrecarga),
- vigilancia (umbral de velocidad, pre-alarma, final de arranque).

Las tensiones necesarias para el conjunto de circuitos de medida y de control son proporcionadas por una alimentación integrada en el variador y separadas galvánicamente de la red.

2.4.4.7.4.2 El módulo de Potencia

El módulo de potencia está principalmente constituido por:

- Componentes de potencia (diodos, tiristores, IGBT...),
- Interfaces de medida de las tensiones y/o corrientes,
- Frecuentemente de un sistema de ventilación.

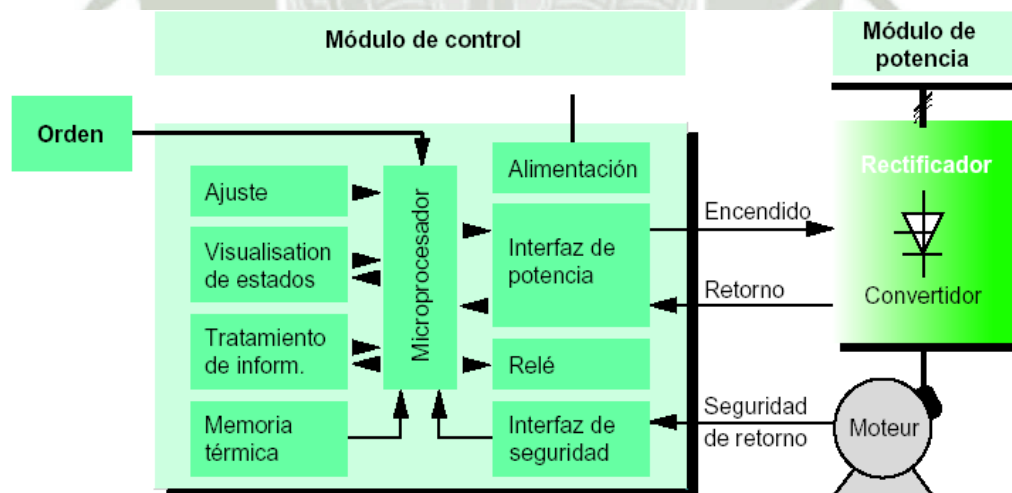


Figura 2.42 Estructura general de un variador de velocidad electrónico.

FUENTE: <http://automatismoindustrial.com/el-variador-de-fercuencia/>

2.4.4.7.4.2.1 Componentes de Potencia

Los componentes de potencia (Figura 2.48) son semiconductores que funcionan en «todo o nada», comparables, por tanto, a los interruptores estáticos que pueden tomar dos estados: abierto o cerrado.

Estos componentes, integrados en un módulo de potencia, constituyen un convertidor que alimenta, a partir de la red a tensión y frecuencia fijas, un motor eléctrico con una tensión y/o frecuencia variables.

Los componentes de potencia son la clave de la variación de velocidad y los progresos realizados estos últimos años han permitido la fabricación de variadores de velocidad económicos.

Los elementos semiconductores, tales como el silicio, tienen una resistividad que se sitúa entre los conductores y los aislantes. Sus átomos poseen 4 electrones periféricos. Cada átomo se asocia con 4 átomos próximos para formar una estructura estable con 8 electrones.

Un semiconductor de tipo P se obtiene añadiendo al silicio puro una pequeña cantidad de un elemento que posea 3 electrones periféricos. Le falta, por tanto, un electrón para formar una estructura de 8 electrones, lo que se convierte en un exceso de carga positiva.

Un semiconductor de tipo N se obtiene añadiendo un elemento que posea 5 electrones periféricos. Por tanto, hay un exceso de electrones, es decir, exceso de carga negativa.

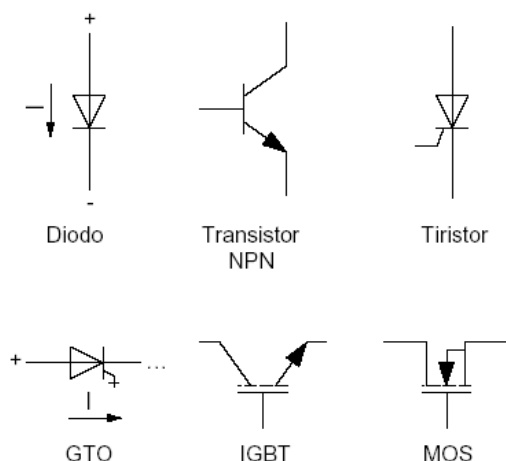


Figura 2.43 Componentes de potencia.

FUENTE: www.unicrom.com

2.4.4.7.5 Principales Modos de Funcionamiento de un Variador

Los variadores de velocidad pueden, según el convertidor electrónico, o hacer funcionar un motor en un solo sentido de rotación, y se llaman unidireccionales, o en los dos sentidos de la marcha, y se llaman entonces bidireccionales.

Los variadores son reversibles cuando pueden recuperar la energía del motor al funcionar como generador (modo frenado). La reversibilidad se obtiene o retornando la energía hacia la red (puente de entrada reversible), o disipando la energía recuperada en una resistencia con un chopper de frenado.

Hay que indicar que cuando la máquina funciona como generador recibe una fuerza de arrastre. Este estado se utiliza especialmente para el frenado. La energía cinética disponible en el eje de la máquina, o se transfiere a la red de alimentación, o se disipa en las resistencias, o, para pequeñas potencias, en la misma máquina, como pérdidas.

2.4.4.7.6 Ventajas de la utilización del Variador de Velocidad en el arranque de motores asíncronos.

- El variador de velocidad no tiene elementos móviles, ni contactos.
- La conexión del cableado es muy sencilla.
- Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- Controla la aceleración y el frenado progresivo.
- Limita la corriente de arranque.
- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo.
- Consigue un ahorro de energía cuando el motor funcione parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia.
- Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo. Protege al motor.
- Puede controlarse directamente a través de un autómata o microprocesador.
- Se obtiene un mayor rendimiento del motor.

2.4.4.7.7 Inconvenientes de un variador de velocidad.

- Es un sistema caro, pero rentable a largo plazo.
- Requiere estudio de las especificaciones del fabricante.
- Requiere un tiempo para realizar la programación.

2.5 Protocolos de comunicación industrial.

Muchas veces escuchamos en la industria la palabra protocolos de comunicación sin tener claro de que estamos hablando. Con el objeto de familiarizar a los lectores, expondremos sus principales características y fundamentos de los más utilizados. En principio un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red. Estos han tenido un proceso de evolución gradual a medida que la tecnología electrónica ha avanzado y muy en especial en lo que se refiere a los microprocesadores.

Un importante número de empresas en nuestro país presentan la existencia de islas automatizadas (células de trabajo sin comunicación entre sí), siendo en estos casos las redes y los protocolos de comunicación Industrial indispensables para realizar un enlace entre las distintas etapas que conforman el proceso. La irrupción de los microprocesadores en la industria ha posibilitado su integración a redes de comunicación con importantes ventajas, entre las cuales figuran:

- Mayor precisión derivada de la integración de tecnología digital en las mediciones
- Mayor y mejor disponibilidad de información de los dispositivos de campo
- Diagnóstico remoto de componentes

La integración de las mencionadas islas automatizadas suele hacerse dividiendo las tareas entre grupos de procesadores jerárquicamente anidados. Esto da lugar a una estructura de redes Industriales, las cuales es posible agrupar en tres categorías:

- ✓ Buses de campo
- ✓ Redes LAN
- ✓ Redes LAN-WAN

En esta oportunidad nos referiremos a los protocolos de comunicación más usados en la industria. Los buses de datos que permiten la integración de equipos para la medición y control de variables de proceso, reciben la denominación genérica de buses de campo. Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional lazo de corriente de 4 -20mA o 0 a 10V DC, según corresponda. Generalmente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLC's, transductores, actuadores, sensores y equipos de supervisión.

Varios grupos han intentado generar e imponer una norma que permita la integración de equipos de distintos proveedores. Sin embargo, hasta la fecha no existe un bus de campo universal. Los buses de campo con mayor presencia en el área de control y automatización de procesos son:

- HART
- Profibus
- Fieldbus Foundation

2.5.1 Hart.

En la figura 2.44 muestra al protocolo HART (High way-Addressable-Remote-Transducer) que agrupa la señal digital sobre la señal analógica típica de 4 a 20 mA. La señal digital usa dos frecuencias individuales de 1200 y 2200 Hz, que representan los dígitos 1 y 0 respectivamente y que en conjunto forman una onda sinusoidal que se superpone al lazo de corriente de 4-20 mA.

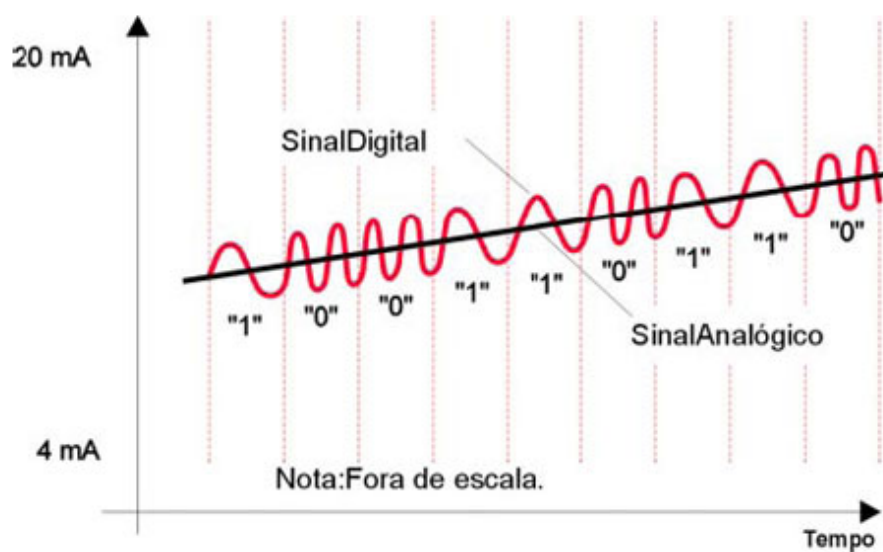


Figura 2.44 HART sobrepone la señal de comunicación digital a la señal de corriente de 4 a 20mA

FUENTE: <http://www.smar.com/espanol/hart>

Como la señal promedio de una onda sinusoidal es cero, no se añade ninguna componente DC a la señal analógica de 4-20 mA., lo que permite continuar utilizando la variación analógica para el control del proceso.

2.5.2 Profibus.

(Process Field Bus) Norma internacional de bus de campo de alta velocidad para de procesos normalizada en Europa por EN 50170.

Existen tres perfiles:

- Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCs) o terminales.

- Profibus PA (Process Automation). Para control de proceso, cumple normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 1 1 15 8-2, seguridad intrínseca).
- Profibus FMS (Fieldbus Message Specification). Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización.

2.5.3 Foundation Fieldbus.

Foundation Fieldbus (FF) es un protocolo de comunicación digital para redes industriales, específicamente utilizado en aplicaciones de control distribuido. Puede comunicar grandes volúmenes de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización. Está orientado principalmente a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Los dispositivos de campo son alimentados a través del bus Fieldbus cuando la potencia requerida para el funcionamiento lo permite.

2.5.4 Modbus.

Es un protocolo de transmisión para sistemas de control y supervisión de procesos (SCADA) con control centralizado, puede comunicarse con una o varias Estaciones Remotas (RTU) con la finalidad de obtener datos de campo para la supervisión y control de un proceso. La Interfaces de Capa Física puede estar configurada en: RS-232, RS-422, RS-485.

En Modbus los datos pueden intercambiarse en dos modos de transmisión:

- Modo RTU
- Modo ASCII

2.5.5 Devicenet.

Red de bajo nivel adecuada para conectar dispositivos simples como sensores fotoeléctricos, sensores magnéticos, pulsadores, etc. y dispositivos de alto nivel (PLC, controladores, computadores, HMI, entre otros). Provee información adicional sobre el estado de la red, cuyos datos serán desplegados en la interfaz del usuario.

Tabla 2.7 Comparación de características entre algunos buses y protocolos.

Nombre	Topología	Soporte	Máx dispositivos
Profibus DP	línea, estrella y anillo	par trenzado fibra óptica	127/segm
Profibus PA	línea, estrella y anillo	par trenzado fibra óptica	14400 /segm
Profibus FMS		par trenzado fibra óptica	127/segm
Foundation Fieldbus HSE	estrella	par trenzado fibra óptica	240 p/segm 32.768 sist
Foundation Fieldbus H1	estrella o bus	par trenzado fibra óptica	240 p/segm 32.768 sist
LonWorks	bus, anillo, lazo, estrella	par trenzado fibra óptica coaxial, radio	32768 /dom
Interbus-S	segmentado	par trenzado fibra óptica	256 nodos
DeviceNet	troncal/puntual c/bifurcación	par trenzado fibra óptica	2048 nodos
AS-I	bus, anillo, árbol, estrella	par trenzado	31 p/red
Modbus RTU	línea, estrella, árbol, red con segmentos	par trenzado coaxial radio	250 p/segm
Ethernet Industrial	bus, estrella, malla-cadena	coaxial par trenzado fibra óptica	400 p/segm
HART		par trenzado	15 p/segm

FUENTE: <https://www.profibus.com>

2.6 Estrategia de control.

2.6.1 Sistemas en Bucle o lazo Abierto.

Se caracterizan porque las variable que controlan el proceso circulan en un solo sentido, desde la unidad de control al proceso. El sistema de control no recibe ninguna información sobre el desarrollo (variables de salida) del mismo y, por tanto éste no tiene ningún efecto sobre la acción de control. La Figura 2.45 muestra el diagrama de bloques del sistema de control de este tipo.

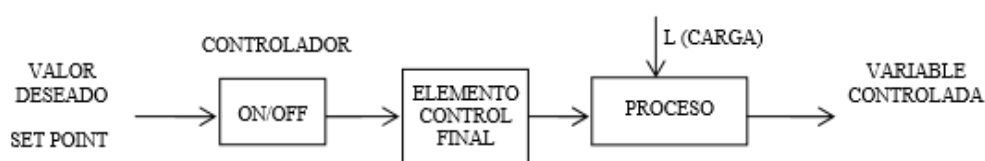


Figura 2.45 Sistema de control en lazo abierto.

En estos sistemas, la consigna determina una condición de operación fija no adaptable a los posibles cambios. La precisión depende de la calibración y, cuando se producen perturbaciones, el proceso no se desarrolla de la forma esperada.

2.6.2 Sistema en bucle o lazo cerrado.

Cuando se mantiene una relación preestablecida entre el desarrollo del proceso (Variable controlada) y las entradas de referencia (valor deseado), comparándolas y utilizando su diferencia como señal de control. La siguiente Figura 2.46 muestra el diagrama de bloques de sistema.

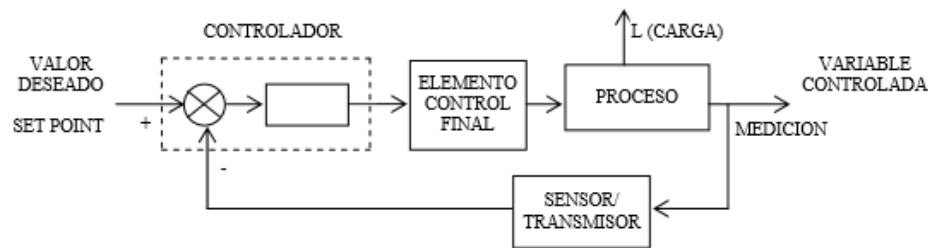


Figura 2.46 Sistema de control en lazo cerrado.

Cualquier proceso que queramos controlar, estará sometido a perturbaciones (externas e internas) que desviarán su desarrollo deseado. Para conocer el desarrollo del proceso y poder compensar así sus desviaciones, se seleccionan aquellas magnitudes que lo caractericen a través de sensores, de tal forma que nos permiten conocer si el proceso está evolucionando dentro de los márgenes preestablecidos o no. Las señales que producen los sensores se comparan con las señales del valor deseado, de tal forma que la señal diferencia de ambas (señal error) determina las acciones a realizar, tienden a acercar la respuesta del sistema a la deseada. El término lazo o bucle cerrado implica el uso de la acción de control retroalimentado para reducir el error en el sistema. En la mayoría de los procesos controlados se utiliza el de lazo cerrado, ya que posibilita tanto el control continuo de determinadas magnitudes y por tanto la posibilidad de reacción sobre el desarrollo.

2.6.3 Control Todo o Nada

Es la regulación más simple y económica, utilizada en numerosas aplicaciones en las que puede admitirse una oscilación continua entre dos límites, siempre y cuando se trate de procesos de evolución lenta, como ejemplos podemos citar la regulación de nivel o de temperatura, todos éstos son problemas relativamente sencillos de lógica digital, quiere decir de dos estados cero o uno, o también on/off. Numerosos reguladores incorporan esta función básica, que además ofrece la máxima rapidez de

respuesta y en ocasiones se recurre a este tipo de control cuando el error es grande, y se pasa de forma automática a otro tipo de regulación cuando el error se aproxima a cero.

2.6.4 Control PID

El algoritmo de control más ampliamente extendido es el PID, pero existen muchos otros métodos que pueden dar un control de mayor calidad en ciertas situaciones donde el PID no responde a la perfección. El PID da buenos resultados en la inmensa mayoría de casos y tal vez es por esta razón que goza de tanta popularidad frente a otros reguladores teóricamente mejores.

Un regulador proporcional-integral-derivativo o PID tiene en cuenta el error, la integral del error y la derivada del error. La acción de control se calcula multiplicando los tres valores por una constante y sumando los resultados.

Los valores de las constantes reciben el nombre de constante proporcional, integral, derivativa y definen el comportamiento del regulador.



CAPITULO 3

3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE DEL SISTEMA

Se determina a continuación el hardware necesario para la implementación del sistema de dosificación y mezclado de líquidos, así como también las dimensiones y capacidades de los elementos en dos partes fundamentales de diseño:

- Diseño, construcción e implementación mecánica.
- Diseño e implementación del sistema eléctrico y electrónico.

3.1 Diseño, construcción e implementación mecánica.

3.1.1 Sistema de dosificación de líquidos.

Es el inicio del proceso de dosificación el cual ambos tanques de almacenamiento inician la derivación de los componentes (A y B) para la siguiente etapa.

Su composición mecánica: Dos tanques de almacenamiento, una bomba peristáltica de dosificación y una bomba centrífuga.

3.1.1.1 Diseño e implementación de tanques para dosificación.

Para el almacenamiento de los líquidos del proceso de dosificación se diseñaron dos tanques de vidrio para demostración (figura 3.2), uno que almacena el componente A para el líquido base de viscosidad intermedia y otros dos tanques tipo cilindros para el elemento B.



Figura 3.1 Tanque contenedor “componente A”

FUENTE: Elaboración Propia



Figura 3.2 Tanques Cilíndricos contenedores de “componente B”

FUENTE Fotografía Elaboración Propia

En la Figura 3.3 y la Figura 3.4 se muestran las medidas de las cubetas de vidrio para el líquido A y el líquido B, así como el volumen y cantidad específica.

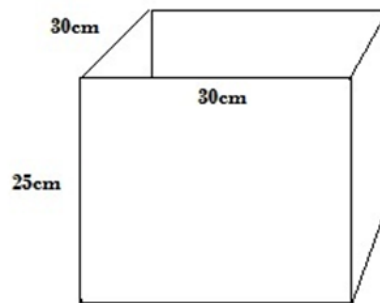


Figura 3.3 Vista frontal tanque “componente A”

FUENTE: Diseño Propio.

- Cálculo del volumen y capacidad de almacenamiento de los tanques (Litros).

$$\text{Volumen (cm}^3\text{)} = l \times A \times h$$

Donde:

l =largo (cm)

A =ancho (cm)

h =Altura (cm)

Entonces:

$$V = 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$$

$$V = 22500 \text{ cm}^3$$

$$L = \frac{V}{1000}$$

Donde:

L = litros

V =volumen tanque.

Por tanto, la cantidad de litros esta dado por:

$$L = \frac{V}{1000}$$

$$L = \frac{22500 \text{ cm}^3}{1000}$$

$$L = 22,5 \text{ litros}$$

La capacidad de almacenamiento del tanque de vidrio es de 22,5 litros.

- Cálculo del volumen y capacidades de almacenamiento de tanques (litros).

La estructura física de los tanques para el elemento B son cilindro y la capacidad de almacenamiento del tanque son de 11.30 litros cada uno, la fórmula del volumen de un cilindro nos permite calcular la capacidad de almacenamiento con las siguientes ecuaciones.

Volumen de Cilindro

$$V = \pi \times h \times r^2$$

Donde:

r = radio del cilindro

h = altura del cilindro

$\pi = 3,14$

$$V = 3,14 \times 36\text{cm} \times (10\text{cm})^2$$

$$V = 11309.4 \text{ cm}^3$$

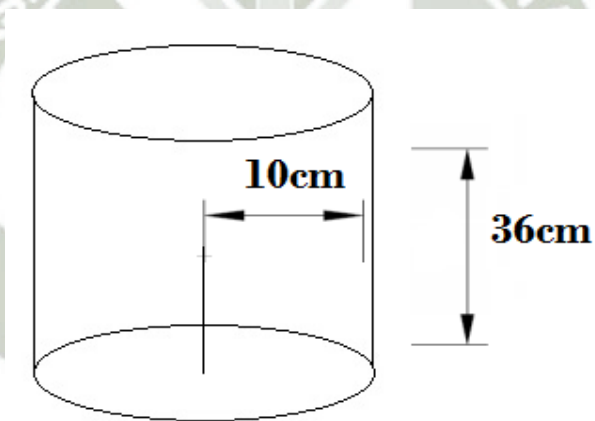


Figura 3.4 Vista frontal de tanque “componente B”

FUENTE: Diseño Propio

$$L = \frac{V}{1000}$$

Donde:

L = litros

V = volumen

Por tanto:

$$L = \frac{11309.4 \text{ cm}^3}{1000}$$

$$L = 11.30 \text{ litros}$$

3.1.1.2 Diseño, construcción e implementación de una bomba peristáltica.

Para el esquema se estudió el principio y mecánica de funcionamiento de una bomba peristáltica. En la figura 3.5 se muestra un esquema de la bomba, en el que se tomó gran parte de su mecánica de funcionamiento y diseño ya que existen en el mercado distintos tipos de bombas peristálticas.

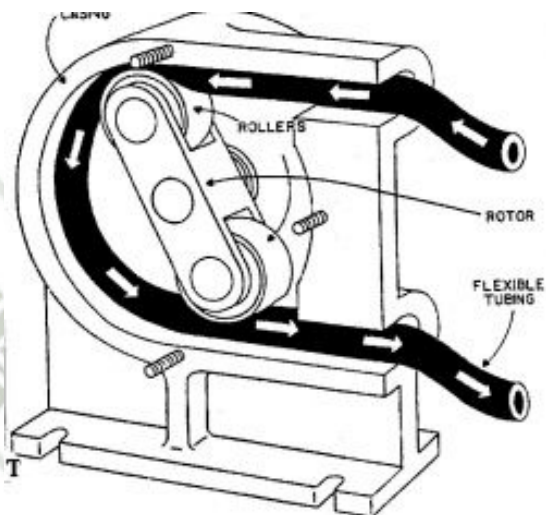


Figura 3.5 Bomba Peristáltica

FUENTE: www.quiminet.com/articulos/principio-del-funcionamiento-de-las-bombas-peristalticas-32722.htm

Los materiales utilizados fueron los siguientes:

Tabla 3.1 Materiales usados.

	CANTIDAD
Eje de 5/8" x 20cm	01
Ruedas de caucho de 1".	02
Pernos 1/8 " x 1/2 " ,	10
volandas y tuercas 1/8 "	02
Tubo 4" x 6 cm.	01
Platinas de 1/8 " x 3cm x 8cm	02
varillas de 1/8 " x 10 cm.	04

Manguera de $\frac{1}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " 5/8"	3.50 (mts)
---	------------

FUENTE: Elaboración Propia



Figura 3.6 Materiales utilizados para fabricación de bomba peristáltica

FUENTE: Elaboración Propia



Figura 3.7 Preparación de Tubo Cortado y Platina para soldadura eléctrica correspondiente.

FUENTE: Elaboración Propia.

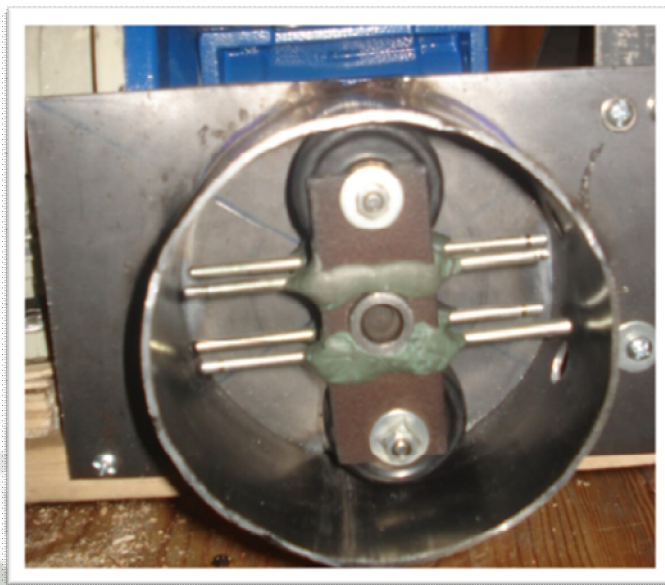


Figura 3.8 Vista Frontal de Bomba Peristáltica y Rodillo acoplado con un Eje.

FUENTE: Elaboración Propia.

3.1.1.3 Integración de la bomba a un motor y reductor.

Para la integración de la bomba a un motor y reductor se usó un motor trifásico marca y una moto reductora marca EPLI SAC que se mencionan a continuación

3.1.1.3.1 Motor asíncrono EPLI SAC.

Estos dispositivos de potencia principalmente generan desplazamientos giratorios, y son empleados con mucha frecuencia dentro de los procesos industriales, ya sea para llenar a una banda transportadora, etc. Este motor nos generara una fuerza fija el cual llevara el líquido al tanque del mezclador, nos proporcionara un movimiento que se encuentra en un rango máximo de 1640 r.p.m (revoluciones por minuto), y principalmente podremos controlar sus r.p.m.

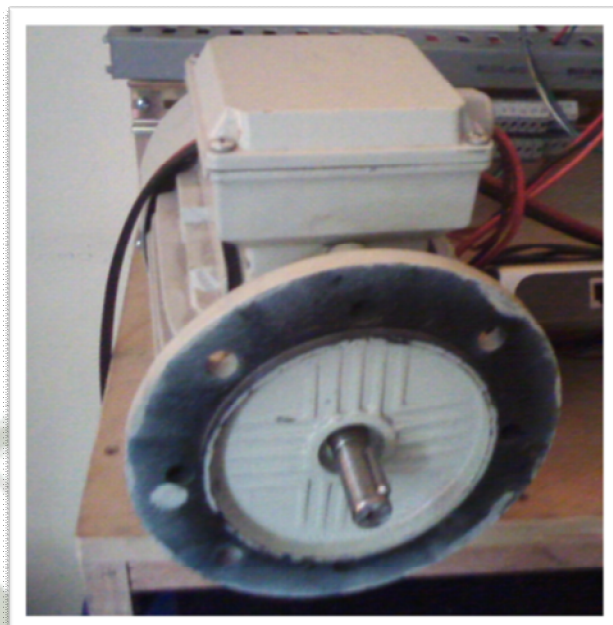


Figura 3.9 Motor Trifásico EPLISAC

FUENTE: Fotografía Elaboración Propia

Tabla 3.2 Especificaciones Técnicas de Motor EPLISAC

TYPE: MS 712-4	Hz: 60
KW: 0.37	HP: ½ hp
V: 220/380/440	A: 2,02/1,17/1,01 – S1 – N011040267
INSCLF – IP: 55	RPM: 1640

FUENTE: Manual de Usuario Motor EPLISAC.

3.1.1.4 Moto reductor EPLI SAC: ISO 9001

Como su nombre lo indica, reduce la velocidad adecuada para que la bomba peristáltica pueda realizar la función de dosificación correcta. Este Moto reductor es de tipo eje paralelo.



Figura 3.10 Moto reductor EPLI SAC

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.3 Características técnicas de la moto reductora EPLISAC

TYPE: FCNDK40	RATIO: 1:10
INPUT: 7LB5	MFG. No: 130406

FUENTE: Manual de Usuario Moto reductor EPLISAC.

3.1.1.5 Base para Bomba Peristáltica

Se construyó una base de madera y soportes metálicos para poder empotrar la bomba peristáltica.

Tabla 3.4 Lista de Componente para Fabricación Soporte Base para Bomba Peristáltica

	CANT
Soporte Metálico de 0,155m x0.20m (triangulo Rectángulo) con platina 1/8 “	01
Base de Madera para soporte de motor de 0,52 m x 0,275m	01
Base de madera 0,25x0,25m	01
Triangulo Rectángulo de 1/8 “de 0,155m x0.20m	01

FUENTE: Elaboración Propia.

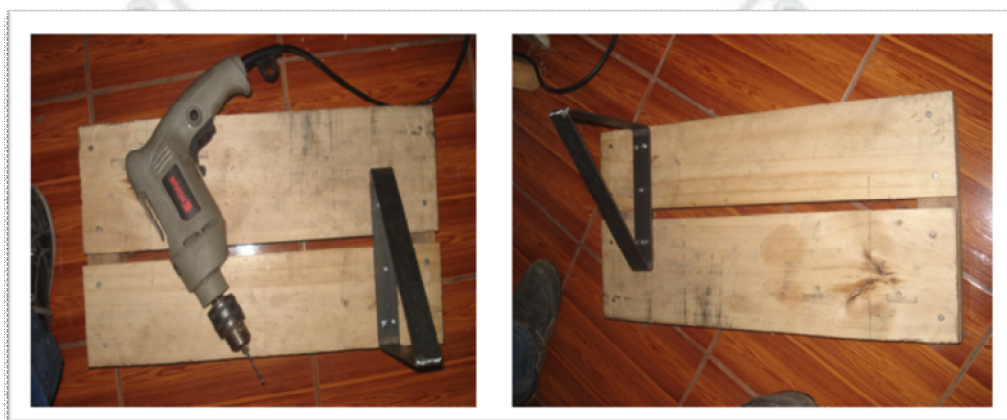


Figura 3.11 Soporte Metálico Empotrado en Base para Bomba Peristáltica

Fuente: Fotografía y Diseño Propio



Figura 3.12 Acoplamiento y Alineamiento del Motor al Moto reductor

Fuente: Fotografía Propia

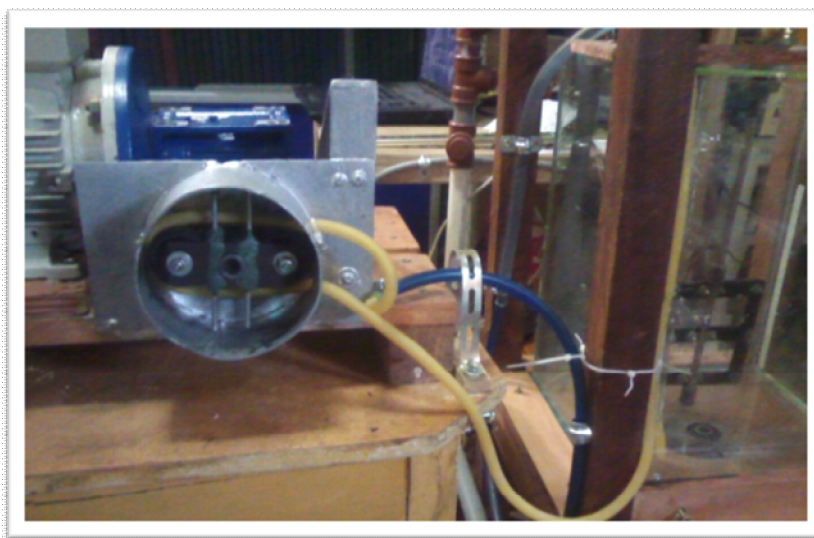


Figura 3.13 Bomba Peristáltica Acoplada a la Motor y Moto reductor

Fuente: Fotografía Propia.

3.1.1.6 Implementación de bombas centrífugas GTP70/075

La bomba centrífuga mueve un cierto volumen de líquido entre dos niveles; son máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico.

En la figura 3.14, mostramos la bomba centrífuga utilizada en la planta. Piloto



Figura 3.14 Bomba Centrífuga GTP70/75.

Fuente: <http://www.glong-motor.com/Products.asp>

El funcionamiento consiste en un impulsor girando dentro de una caja circular; el fluido entra a la bomba cerca del centro del impulsor rotatorio (rodete) y es llevado hacia arriba por acción centrífuga. La energía cinética del fluido aumenta desde el centro del impulsor hasta los extremos de las aletas impulsoras.

Esta carga de velocidad se convierte en carga de presión cuando el fluido sale de la bomba. Estas bombas centrífugas son las que es la nos dará la velocidad comunicada al líquido, y la presión, lográndose así su desplazamiento y posterior elevación del agua.

3.1.1.6.1 Parámetros Eléctricos.

En la Tabla 3.5, se tienen los parámetros eléctricos del dispositivo y protección para el motor, dependiendo del tipo de arranque y carga a accionar.

Tabla 3.5 Parámetros Eléctricos de Bomba Centrífuga

Tipo de motor	3 ~ (Trifásico)
Potencia:	0,75 kW /1 HP
Voltaje nominal:	220/380/440 V
Tipo de conexión:	Estrella/Triangulo
Corriente nominal:	0,34 A
Frecuencia nominal:	60 Hz
Factor de potencia:	(cosφ)0,81

FUENTE: Manual de usuario Bombas Centrífugas GTP70/075

3.1.1.6.2 Aplicaciones

- Para líquidos moderadamente agresivos.
- Manejo de fluidos, agua y líquidos mecánicamente no agresivos.
- Suministro de agua.
- Irrigación.
- Circulación de agua (frio, caliente, refrigerado).

3.1.1.6.3 Características Técnicas

En la Tabla 3.6 se aprecian las especificaciones técnicas de la bomba centrífuga GTP70/075.

Tabla 3.6 Especificaciones Técnicas de Bomba Centrífuga

Marca	Glong
Modelo:	GTP70/075
Potencia:	1 HP
	0.75 KW
Peso:	10 Kg.
Frecuencia:	60Hz
R.P.M:	3450
Voltaje:	220V/380V/440
Motor:	Trifásico
Hmáx:	25mts
Qmax:	120lt/min
Suct. máx:	9mts

FUENTE: Manual de Usuario Bomba Centrífuga Glong

3.1.2 Sistema de Mezclado.

3.1.2.1 Tanque Almacenamiento del Mezclado

Almacena los dos líquidos provenientes de los tanques de dosificación. El control del sistema se realiza a través del PLC que controla el accionamiento de las bombas a través de los variadores y el sensor de nivel que nos dará la señal que los líquidos dosificados están en el nivel programado.

Para la etapa de mezclado se utilizó un tanque de vidrio para la demostración de mezclado el cual tiene una capacidad máxima almacenamiento de 36 litros.



Figura 3.15 Tanque de mezclado.

Fuente: Elaboración propia.

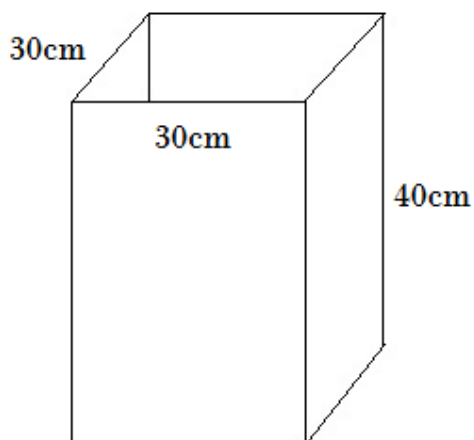


Figura 3.16 Vista Frontal Diseño de Tanque de Mezclado

Fuente: Diseño propio.

- Cálculo del volumen y capacidad de almacenamiento de tanque de mezclado

$$\text{Volumen} = l \times A \times h$$

Donde:

l = largo (cm)

A = ancho (cm)

h = altura (cm)

Por tanto:

$$V = 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$$

$$V = 36000 \text{ cm}^3$$

$$L = \frac{V}{1000}$$

Dónde:

L = litros

V = volumen

Entonces:

$$L = \frac{V}{1000}$$

$$L = \frac{36000 \text{ cm}^3}{1000}$$

$$L = 36 \text{ litros}$$

La capacidad de almacenamiento del tanque de vidrio es de 36 litros.

3.1.2.2 Paleta Mezcladora

Antes de empezar se describe a la mezcla como una distribución al azar de 2 o más fases inicialmente sedadas para proceso de mezclado, esto se refiere al movimiento inducido de un material en una forma específica generalmente con un modelo circulatorio dentro de un tipo de contenedor.

La paleta mezcladora esta acoplada a un motor reductor de 24v DC el cual contiene.

- Motor con engranaje.
- Imanes permanentes.
- Una torsión de 2Kg.cm.
- Velocidad: 200 rpm/min.
- Conmutación por escobillas.
- La corriente de carga es de 0.04 A.
- Relación de reducción: 1:30.



Figura 3.17 Mezclador tipo Paleta.

FUENTE: Diseño Propio.

3.1.2.3 Circuito de Protección para el PLC.

Este circuito de protección es un Relé controlado por transistor que controla una carga (motor 24v-M001) de potencia a partir de una señal digital de 24vdc (PLC); lo que se quiere es aislar la señal del PLC (24vdc/2 a 10mA en estado 1 y 0 a 3mA en estado 0) de la etapa de potencia y esto lo podemos conseguir utilizando un relé gobernado por un transistor. D1 se utiliza para eliminar picos de corriente que se producen al conmutarse la bobina de relé o El diodo LED servirá como indicador del estado de la señal.

- Cálculo para la polarización del transistor en el diseño del circuito de protección.

Conociendo la corriente máxima de la bobina de relé ($I_c=0.25A.$), La corriente de base del transistor en la Figura 3.18 sería:

$$I_b = I_c / \text{BETA}$$

$$I_b = 0.25 / 100$$

$$I_b = 0.0025 \text{ A}$$

Entonces la resistencia de base para el circuito sería:

$$24 = (R_b)(I_b) - V_{be}$$

$$R_b = 9880$$

$$R_b = 10 \text{ Kohms}$$

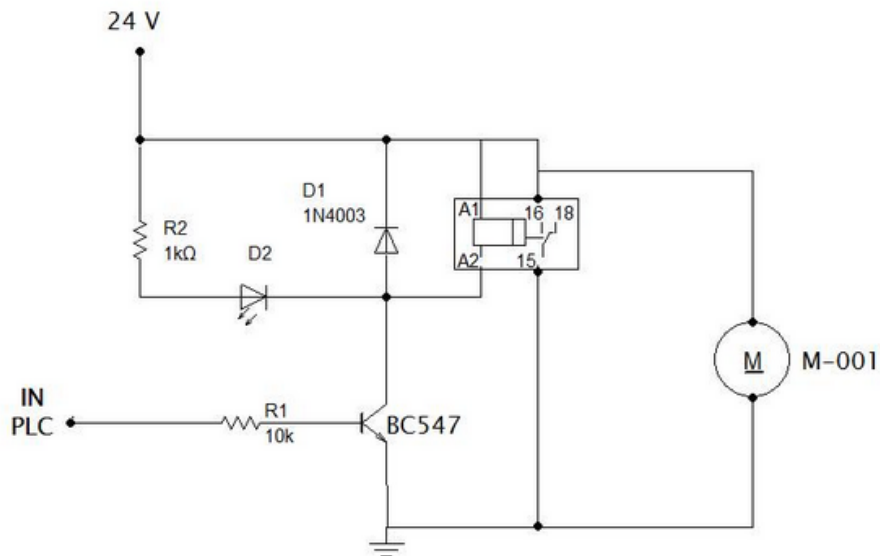


Figura 3.18 Esquema Circuito de Protección para Salida del PLC

FUENTE: Diseño Propio



Figura 3.19 Circuito de Protección para Salida de PLC

FUENTE: Fotografía y Diseño Propio

Lista de Materiales

Tabla 3.7 Materiales de Circuito de Protección para PLC

CIRCUITO DE PROTECCION PARA LA SALIDA DEL PLC	CANTIDAD
Resistencia 1K Ω ¼ w	1
Resistencia 10K Ω ¼ w	1
Diodo Led Verde	1
Diodo 1N 4003	1
Transistor BC 548	1
Relé HRS2H-S 24 V	1

FUENTE: Diseño Propio

3.1.3 Sistema de Drenaje.

El sistema de Drenaje está compuesto por una bomba centrífuga el cual ejecutara el desagüe de la mezcla de ambos líquidos A y B dando así el compuesto terminado según nuestra programación de dosificación a un siguiente proceso.

3.1.3.1 Bomba centrífuga

Nuestra Bomba centrífuga de drenaje es una bomba de características similares a la bomba que alimenta a liquido A (Capítulo 3.1.1.6) , esta bomba de acero inoxidable, es indicada para sistemas de presión, suministro y extracción de tratamiento de aguas.



Figura 3.20 Bomba Centrífuga de Drenaje.

FUENTE: Elaboración propia.

3.1.4 Soporte para los elementos mecánicos del sistema piloto.

Las estructuras fueron diseñadas a través de una base de soporte de madera de 40cm x 40cm x 1.27mts (largo, ancho y alto respectivamente) para el tanque de mezclado en el primer nivel y para el tanque contenedor de componente A en el segundo nivel.



Figura 3.21 Base Soporte de Tanque Mezclador y Tanque de Dosificación.

FUENTE: Manual de usuario Bomba Centrífuga GTP70/075.

3.1.5 Tuberías y Conexiones

Las conexiones y tuberías de distribución fueron instaladas según el diseño y plano de la planta piloto.

Tabla 3.8 Materiales de Tuberías y Conexionado

MATERIALES	CANTIDAD
Tubería PVC ½ “	05 metros
Tubería PVC ¾”	06 metros
Codos ¾ “, ½”	06 metros
Uniones	05
Llaves check	02
Codos	06

FUENTE: Elaboración Propia

3.2 Diseño e implementación del sistema eléctrico y electrónico.

Se dividen en:

- Sistema de fuerza de los variadores de velocidad y de las bombas centrífugas y peristáltica
- Sistemas de control, conexasión del módulo PLC, El Sensor de nivel ultrasónico y su circuito convertidor de señal, los circuitos de protección para el PLC, El interfaz hombre –máquina (HMI), El Switch Ethernet cableados de control, Pulsador de emergencia.

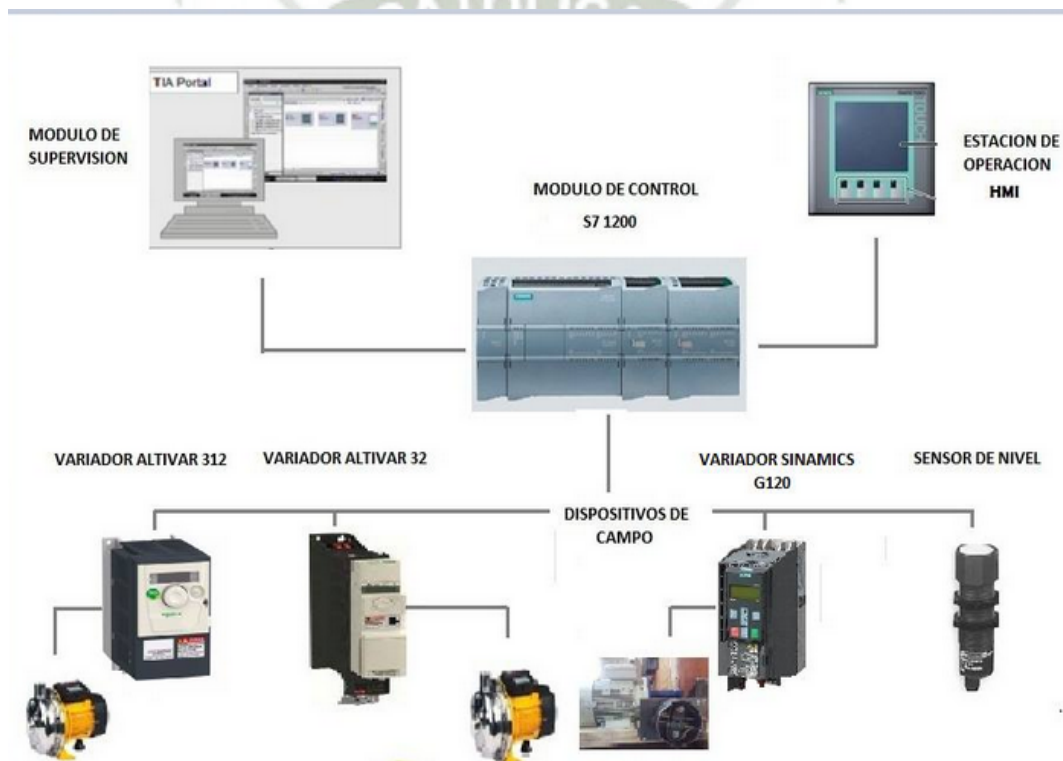


Figura 3.22 Esquema de Distribución de Sistema de Fuerza y Control.

FUENTE: Elaboración Propia

3.2.1 Sistema de fuerza.

Para la implementación de esta etapa se seleccionó tres tipos de variadores los cuales tiene la misma función que es la de controlar la velocidad del motor por una magnitud de entrada (tensión o corriente) pero con diferentes características

3.2.1.1 Módulo de control de Fuerza (variador altivar 32 y altivar 312)

Este módulo está integrado por los siguientes equipos según la Figura 3.23.



Figura 3.23 Módulo de variador Altivar 32 y Altivar 312

FUENTE: Elaboración propia.

- Variador Altivar 32.
- Variador 312.
- Fuente regulable 24 Vdc Telemecanique.
- Llave termo magnética.

3.2.1.1.1 Variador ALTIVAR 32

Este variador es de la nueva gama de la marca Schneider y está diseñada para para motores asíncronos y síncronos desde 0.18 a 15 kW.



Figura 3.24 Variador Altivar 32

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 3.25 Módulo de Comunicación para PROFIBUS VW3A3607

FUENTE: www.schneider.com

3.2.1.1.2 Esquema de comunicación y cableado de variador altivar 32.

La comunicación se realiza por el bus de datos (PROFIBUS) a través de los módulos de comunicación CM 1243-5 maestro del PLC y el módulo de Comunicación para PROFIBUS VW3A3607 del variador altivar



Figura 3.26 Comunicación PROFIBUS entre altivar 32, PLC s7-1200 y el motor trifásico.

FUENTE: Elaboración propia.

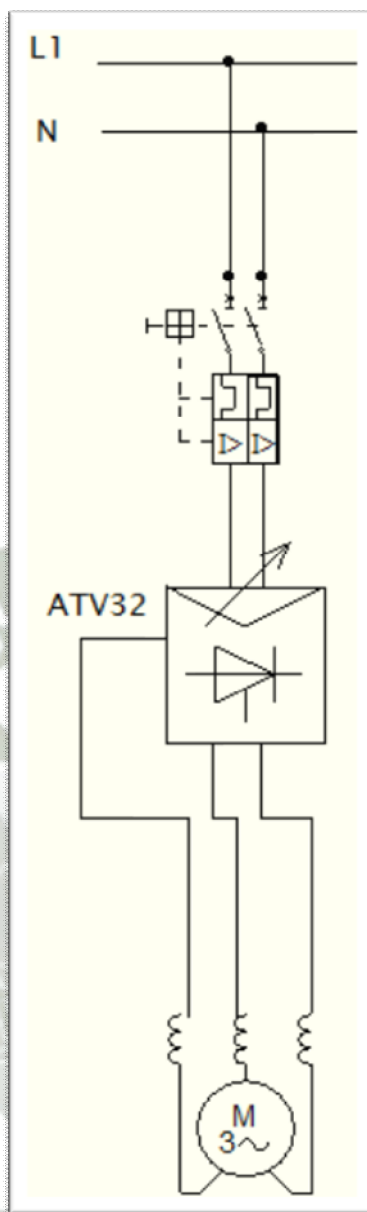


Figura 3.27 Esquema eléctrico del Variador Altivar 32.

FUENTE: Elaboración propia.

3.2.1.1.3 Variador ALTIVAR 312

El Altivar 312 es usado en potencias comprendidas entre 0.18 Kw y 2.2 Kw. En la figura se muestra el variador utilizado en el presente trabajo.



Figura 3.28 Variador ALTIVAR 312

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 3.9 Especificaciones Técnicas



Rango del variador:	ATV312HU15 M2 = 200 - 240 V monofásico
Salida Trifásica motores:	200/240 V
Potencia:	1.5 KW – 2 HP
Comunicación:	Modbus y Canopen

FUENTE: Elaboración propia.

3.2.1.1.4 Esquema de Comunicación y Cableado de Variador ALTIVAR 312

Para la comunicación y cableado del Variador ALTIVAR 312 es necesario tener presente las funciones de los bornes de Fuerza y Control para poder utilizarlo dentro de la programación. En la *Tabla 3.10* se menciona las funciones de cada bornera de Control y de Fuerza para el arranque del motor

Tabla 3.10 Funciones de los Bornes de Fuerza (altivar 312).

Bornera	Función	Conductor AWG
	Borne de tierra GND	Cualquier Calibre
R/L1 – S/L2 – T/L3	Alimentación Eléctrica	Cualquier Calibre
U-V-W	Salidas del Motor	Cualquier Calibre
	Borne de tierra GND	U90M2,D12M2, U90N4, D12N4, D16N4, D18N4

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 3.11 Funciones de los Bornes de Control (Altivar 312).

Bornera	Función	Característica Eléctrica
AI1	Entrada analógica en tensión	Entrada analógica 0 a 10 (tensión máxima para evitar destrucción 30 V/ tensión mínima para evitar la destrucción -0.6 V) <ul style="list-style-type: none"> - Impedancia 30 KΩ - Resolución 0.01 V, convertidor 10 bits - Precisión $\pm 4.3\%$ y linealidad $\pm 0.2\%$ del valor máximo - Tiempo de adquisición 5 ms máximo
AI2 AIC	Entrada analógica de tensión o entrada analógica en corriente AI2 y AIC puede ser asignadas. Utilizar una u otra, pero no las dos	Entrada analógica 0 + 10 V, impedancia 30 K Ω o Entrada analógica X-Y mA (X e Y pueden programarse entre 0 y 20 mA) impedancia 250 Ω Resolución, precisión y tiempo de adquisición de AI2 y AIC=AI1
+10	Alimentación para potenciómetro de consigna de 1 a 10 K Ω	+ 10 V (+ 8% -0), 10 mA máx., protegida contra cortocircuitos y sobrecargas
COM	Común de las entradas/salidas	
LI1 LI2 LI3	Entradas Lógicas	Entradas lógicas programables <ul style="list-style-type: none"> - Alimentación + 24 V (máximo 30 V) - Impedancia 3.5 KΩ - Estado 0 si < 5 V, ESTADO 1 si > 11 V - Tiempo de adquisición 9 ms.

		máximo
+ 24	Alimentación de las entradas lógicas	+24 V protegida contra cortocircuitos y sobrecargas, mín. 19 V, máx., 30 V. Consumo máx. disponible 100 mA

FUENTE: Elaboración Propia.



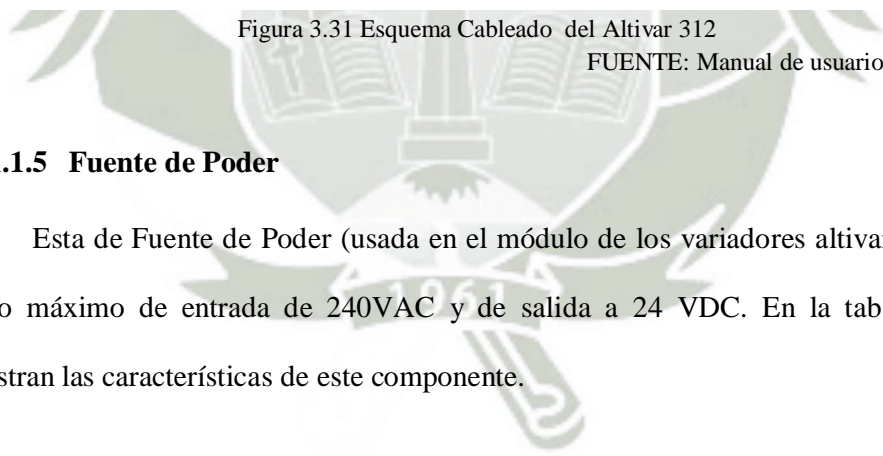
Figura 3.29 Bornes de Entradas lógicas variador Altivar 312

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 3.30 Bornes de Entradas Analógicas Variador Altivar 312

FUENTE: Elaboración propia.



FUENTE: Manual de usuario Altivar 312.

Esta de Fuente de Poder (usada en el módulo de los variadores altivar) tiene un rango máximo de entrada de 240VAC y de salida a 24 VDC. En la tabla 3.12 se muestran las características de este componente.

Tabla 3.12 Características de la fuente telemecanique.

Mains input voltage 47...63 Hz	Output voltage	Nominal power	Nominal current	Automatic protection reset	Complies with standard EN 61000-3-2	Reference	Weight
V	= V	W	A				kg
100...240 single phase wide range	24	48	2	auto	no	<u>ABL-7RE2402</u>	0.520
		72	3	auto	no	<u>ABL-7RE2403</u>	0.520
		120	5	auto	no	<u>ABL-7RE2405</u>	1.000
		240	10	auto	no	<u>ABL-7RE2410</u>	2.200

FUENTE: www.schneider-electric.com/products/



Figura 3.32 Fuente de Poder Telemecanique ABL7 RE2402

FUENTE: www.schneider-electric.com/products/

3.2.1.2 Módulo de Variador SINAMICS G 120.

El módulo de variador SINAMICS G 120 está compuesto por:

- Variador SINAMICS G120.
- Guarda motor.
- Circuito Elevador de Tensión.
- Llave Termo magnética.



Figura 3.33 Módulo de Variador SINAMICS G120

FUENTE: Elaboración propia.

3.2.1.2.1 Variador SINAMICS G120.

Está compuesto por una unidad de control (Control Unit, CU) y un módulo de potencia (Power Module, PM), tiene un rango de potencia de 0,37 kW a 250 kW contiene un conector integrado DB9 para conectarse a la red PROFIBUS.

3.2.1.2.2 Esquema de comunicación y cableado del controlador Sinamics G120.

La comunicación del Variador SINAMIC G120 es a través de la red de comunicación PROFIBUS puesto que el PLC S7 1200 es el maestro y debe controlar el accionamiento del variador, El PLC debe poder acceder a los datos del proceso del variador mencionado (palabra de control y valor de consigna o bien palabra de estado y valor real), tanto en forma de lectura como de escritura.

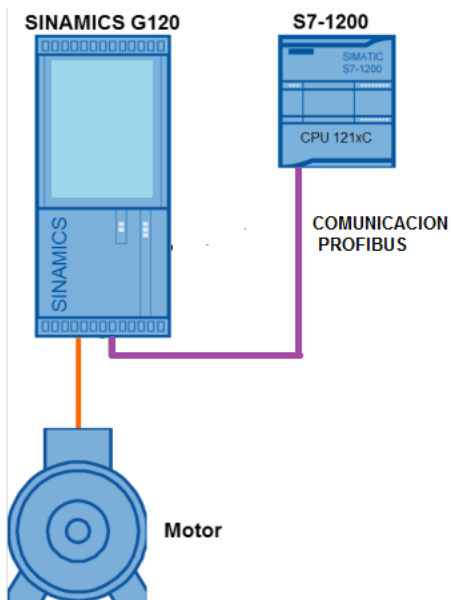


Figura 3.34 Diagrama Comunicación PROFIBUS Variador SINAMICS G120

Fuente [www. http://support.automation.siemens.com](http://support.automation.siemens.com)

El conexionado eléctrico se realiza a través de sus borneras integradas en el Variador y siguiendo el esquema eléctrico para una correcta instalación.

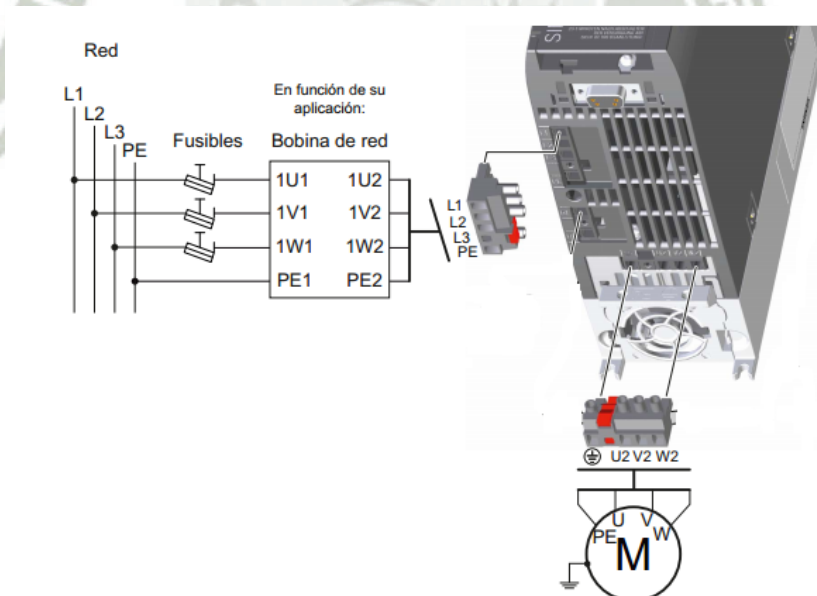


Figura 3.35 Conexionado Eléctrico de Variador SINAMICS G120.

Fuente www.siemens.com/sinamics-g120

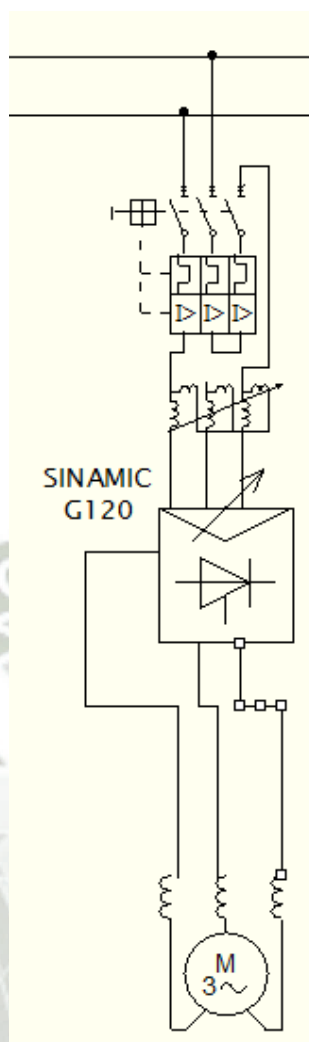


Figura 3.36 Diagrama de Fuerza de Variador SINAMIC G120
FUENTE: Elaboración propia.

3.2.1.2.3 Circuito elevador de tensión.

Este circuito fue elaborado a consecuencia de que el variador SINAMICS G 120 tiene un voltaje de funcionamiento de 380V, por lo que fue necesario realizar e implementar esta etapa de elevación de tensión.

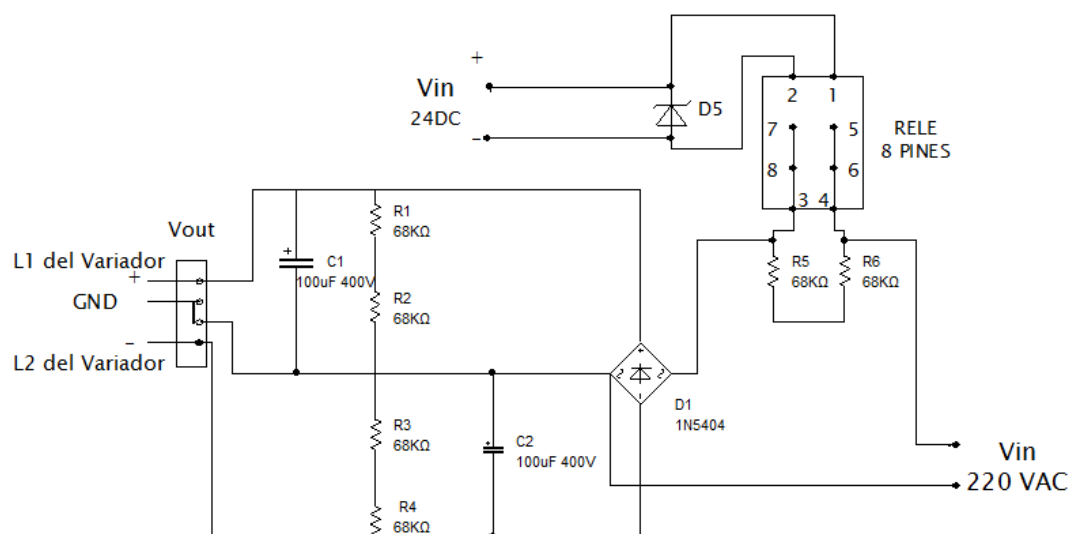


Figura 3.37 Elevador de Tensión para Variador SINAMICS

FUENTE: Soporte técnico SIEMENS.

3.2.1.2.4 Guarda motor

Este Interruptor magnético (Siemens) es usado para la protección del motor de la marca Siemens cuenta con las siguientes características:



Figura 3.38 Guarda motor SIEMENS 3RV1031-4EA10

FUENTE: Data Sheets SIEMENS 3RV1031-4EA10

Tabla 3.13 Características técnicas Guarda motor.

Ref. del fabricante:	3RV1031-4EA10
Tamaño constructivo del interruptor:	S2.
Clase de disparo:	Clase 10
Clase de protección IP / frontal:	IP20.
Protección de sobrecarga:	Sí
Detección de corte de fases:	Sí
Cantidad de polo para circuito principal:	3
Tipo de tensión:	AC/DC.
Tensión de servicio:	690 V.
Corte de servicio:	32 A

FUENTE: Data Sheets SIEMENS.

3.2.1.2.5 Llave termo magnética.

En el módulo de fuerza se implementó una llave termo magnética de tipo BKN-B que es usado como elemento de protección contra el paso de sobre corriente a los variadores de velocidad incluidos en el módulo.



Figura 3.39 Llave Termo magnética BKN-B

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 3.14 Datos Técnicos Llave Termo magnética BKN-B

CARACTERISTICAS	DETALLES
Estándar	Conforme con IEC60898
Aprobación	CCC+,KEMA CB,SABS,SEMKO CB, UL 1077+
Protección	Contra sobrecarga y cortocircuito
Corriente nominal,	1,2,3,4,6,10,16,20,25,32,40,50,63 ^a
Tensión nominal	1 polo 230/400VAC 50/60Hz 2,3,4 polo 400VAC 50/60Hz
Temperatura ambiente	-5°C +40°C conformidad
Poder de corte	10KA
Característica	Curvas B,C,D
Numero de polos	1p, 1P-N, 2p, 3P, 3P+N y 4P
Tipo de disparo	Termo – Magnético
Tipo de terminal	Bornes
Sección del cable	Cable hasta 25 mm
Instalación	Montaje en riel DIN de 35mm
Ancho	17.8mm por polo
Durabilidad eléctrica	Durabilidad 1.32A 40.63A 8000 ciclos 8000 ciclos

3.2.1.2.6 Esquema cableado fuerza de variadores.

El diagrama del cableado de fuerza de los tres variadores en uso, se describen en el siguiente esquema:

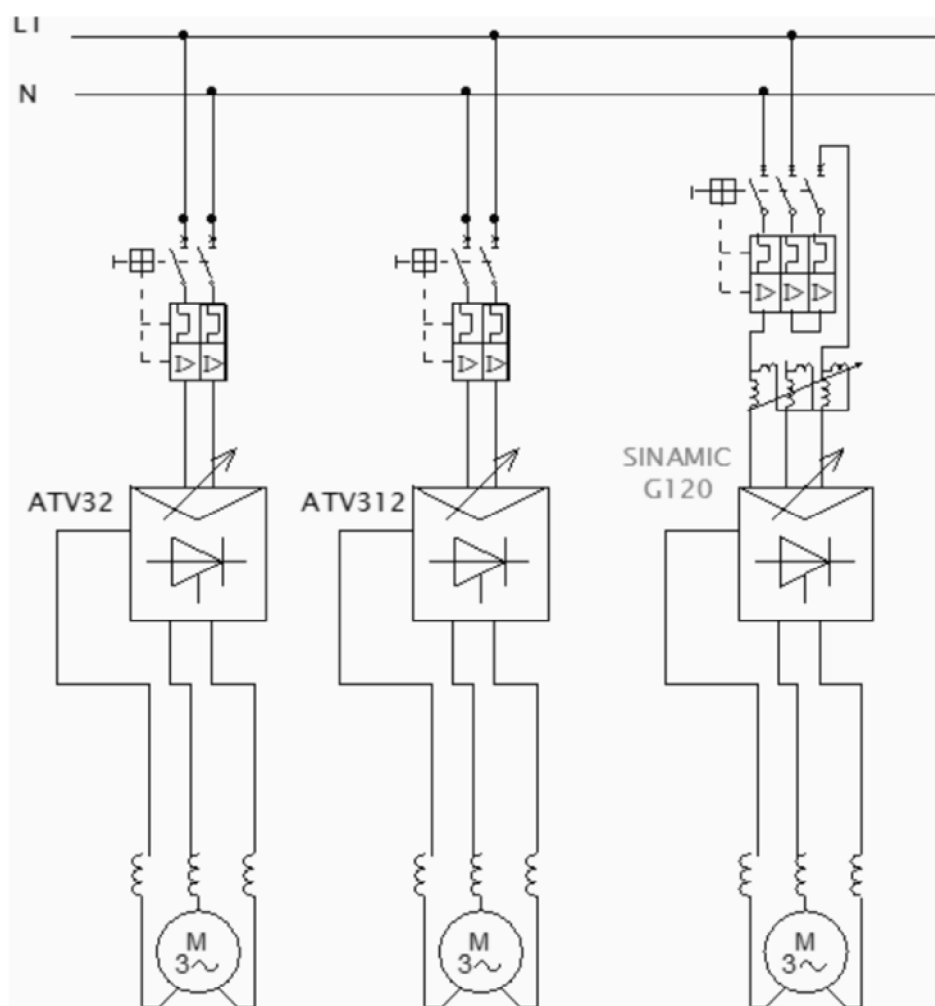


Figura 3.40 Esquema de Fuerza de Variadores de Velocidad (Anexo)

FUENTE Esquema Elaboración Propia

3.2.2 Sistema de control

3.2.2.1 Módulo - PLC S7 1200

El panel frontal consta de un tablero con 250mm de alto y 400mm de ancho; montado de LED'S indicadores de encendido, switch de encendido ON/OFF, y conectores para todas las entradas analógicas, digitales del PLC S7 1200

En el panel posterior tiene un tablero con una altura de 600mm, 400mm de ancho y de 10mm de espesor; para montaje del HMI KTP 400.

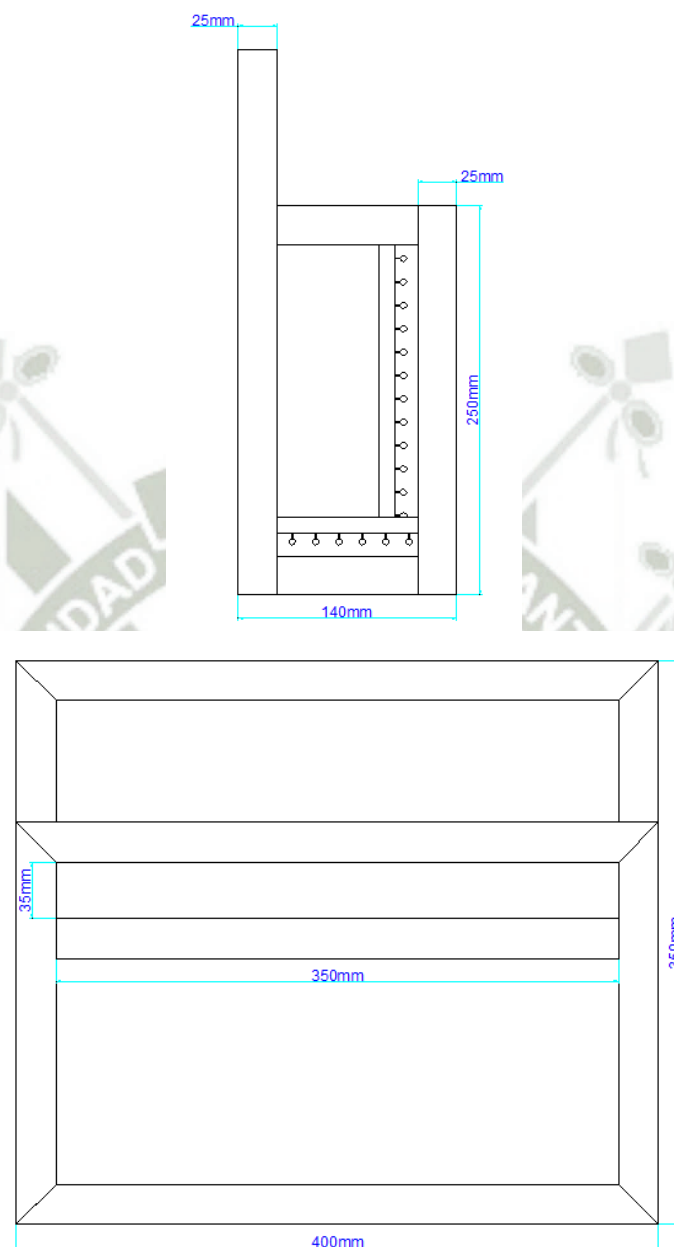


Figura 3.41 Dimensiones de Paneles de Modulo

FUENTE Elaboración Propia

Los dispositivos que se mencionarán a continuación estarán instalados en RIELES DIN de 80 cm cada una en paralelo, cables de conexión pre equipados para

módulos de E/S y equipados con conectores de 40 contactos. A la interfaz llegan todas las señales de los distintos sensores, actuadores, motores, etc.

Este módulo incluye:

- PLC Siemens S7-1200 (14 entrada digitales, 10 salidas digitales, 02 entradas analógicas)
- Un módulo SM 1234 de 4 entradas análogas y 2 salidas análogas.
- Una pantalla HMI SIMATIC
- Una fuente de 24 VDC



Figura 3.42 Modulo Del Controlador S7 1200

FUENTE: Elaboración propia.

3.2.2.1.1 PLC siemens S7-1200

El dispositivo principal del proyecto se encuentra equipado en este módulo. En la figura 3.45 se detalla el conexionado eléctrico.



Figura 3.43 PLC S7 1200 CPU 1214C AC/DC/relé

FUENTE: Manual de Sistema SIMATIC PLC S7-1200.

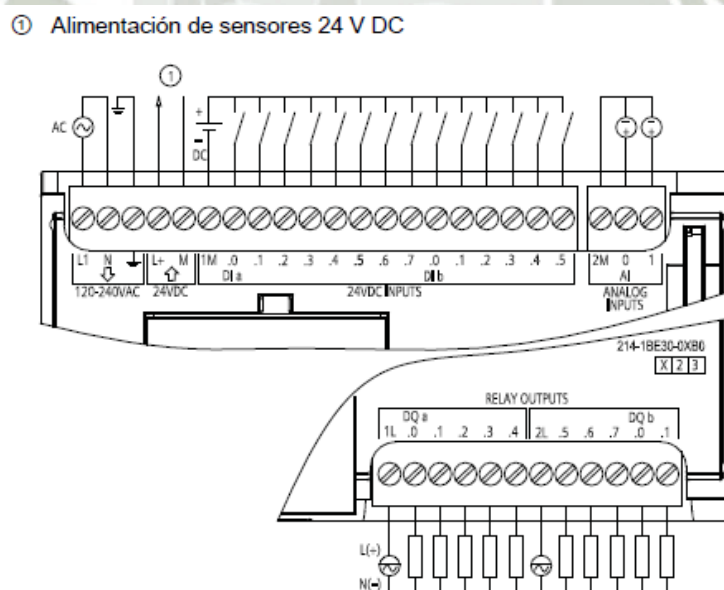


Figura 3.44 Diagrama de Cableado PLC S7-1200

FUENTE: Manual de Sistema SIMATIC PLC S7-1200

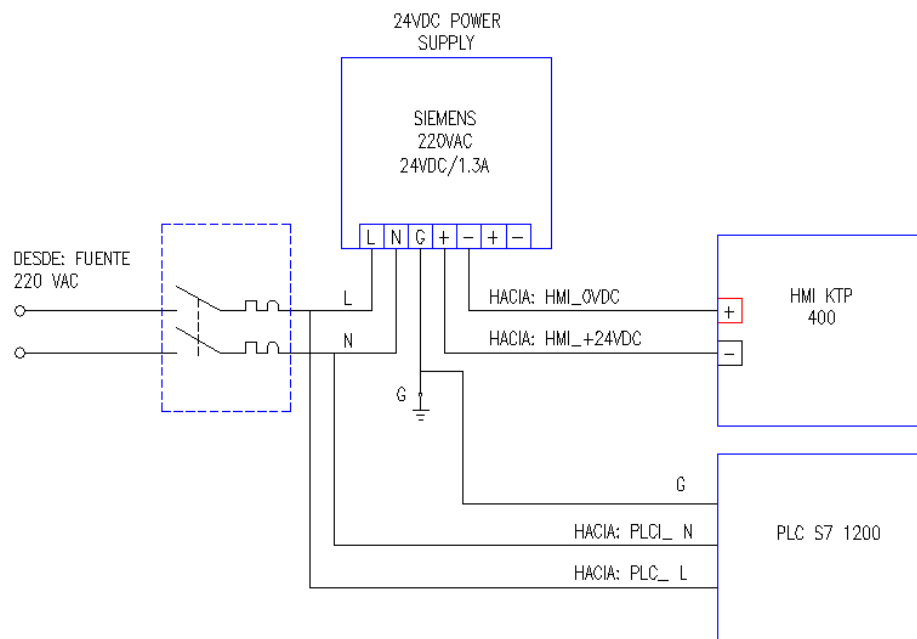


Figura 3.45 Esquema de Conexiones Eléctricas.

FUENTE: Elaboración propia.

3.2.2.1.2 Módulo I/O analógicas.

El PLC cuenta con un módulo de entradas y salidas analógicas con las siguientes características básicas.



Figura 3.46 Módulo de E/S Analógicas SM 1234 AI 4 x 13bit / AQ2x14 bit

FUENTE: Manual de Sistema SIMATIC PLC S7-1200

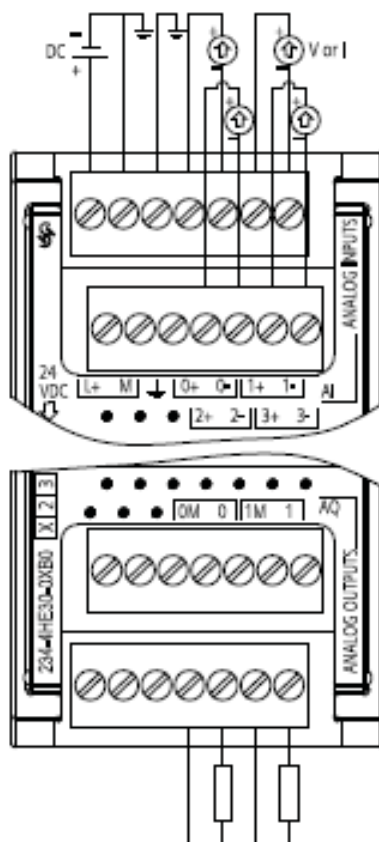


Figura 3.47 Diagrama de Cableado E/S Analógicas SM 1234 AI 4 x 13bit / AQ2x14 bit
FUENTE: Manual de Sistema SIMATIC PLC S7-1200

3.2.2.1.3 Módulo de comunicación PROFIBUS del PLC S7-1200.

La comunicación Profibus del PLC S7-1200 se da por medio del módulo de comunicación CM 1243-5



Figura 3.48 Módulo de Comunicación PROFIBUS CM1243-5

FUENTE: Manual de Usuario S7-1200 PROFIBUS CM 1243-5

El módulo de comunicación CM 1243-5 se conecta a un SIMATIC S7-1200 para que este funcione como maestro de la red Profibus.

- Maestro PROFIBUS DP
- Señales de LED para diagnóstico.
- Trabaja con todas las velocidades de transmisión comunes, desde los 9.6 kBit/s hasta los 12 MBit/s
- Rápida puesta en servicio utilizando el software TIA portal V12.
- Integración completa del sistema (no se precisa de programación adicional)

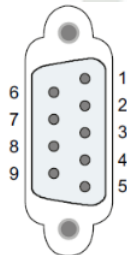
En el estándar RS 485 para PROFIBUS en el presente sistema, se utiliza el conector Siemens PROFIBUS RS 485 -DP 180° IP 20 como muestra la Figura 3.50 a continuación.



Figura 3.49 Figura Conector Siemens PROFIBUS RS 485 -DP 180° IP 20

FUENTE: www.profibus-connector.com/tag/6es7972-0bb42-0xa0/

Tabla 3.15 Tabla Asignación de Contactos de Conector Subd-9Hembra para Rs-485.



Pin	Descripción	Pin	Descripción
1	- no asignado -	6	VP: alimentación de tensión +5 V sólo para resistencias de cierre de bus (terminación); no para la alimentación de aparatos externos
2	- no asignado -	7	- no asignado -
3	RxD/TxD-P: Conductor de datos B	8	RxD/TxD-N: Conductor de datos A
4	CNTR-P: RTS	9	- no asignado -
5	DGND: masa para señales de datos y VP	Carcasa	Conexión de tierra

FUENTE: Manual de Usuario S7-1200-PROFIBUS CM124-5

Tabla 3.16 Datos Técnicos de la Red PROFIBUS

Estándar	PROFIBUS según EN 50170
Método de Acceso	Paso por Testigo con maestro -esclavo
Velocidad de Transmisión	9.6 Kbit / s-12Mbit
Medio de Transmisión	<ul style="list-style-type: none"> - Eléctrico: Cable de dos hilos apantallado - Óptico: Cables F.O (cristal y plástico) - Sin Hilos : Infrarrojo
Máximo N° de Nodos	127
Topologías	Bus, Árbol Estrella, Anillo, Anillo Redundante.
Aplicaciones	Comunicación de procesos , campo de datos

FUENTE: Manual SIEMENS SIMATIC COM PROFIBUS.



Figura 3.50 Cable del bus según IEC 61158-2 para PROFIBUS DP

FUENTE: Elaboración Propia

3.2.2.1.4 HMI (Interfaz Hombre-Máquina)

En el módulo de control también encontramos la unidad HMI KTP 400 es una interfaz hombre-máquina, muy útil para el control de un proceso manual.

En la Figura 3.45 de muestra la conexión eléctrica del dispositivo y las conexiones del panel HMI KTP 400. Son los siguientes:

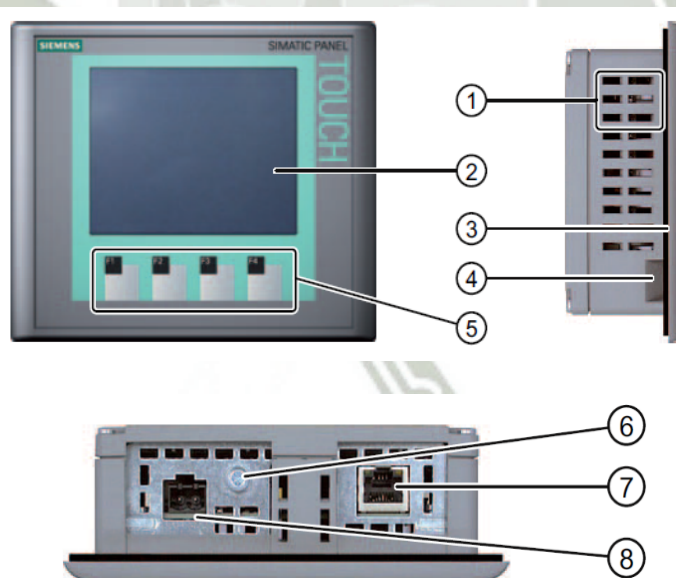


Figura 3.51 Conexiones del HMI.

FUENTE: Manual de Usuario SINAMIC HMI KTP 400.

Tabla 3.17 Descripción del HMI.

1	Escotaduras para las mordazas de fijación.
2	Display/Pantalla táctil
3	Junta de montaje
4	Guía para las tiras rotulables
5	Teclas de función
6	Conexión para tierra funcional
7	Interfaz PROFINET
8	Conexión para Fuente de Alimentación

FUENTE: Manual de Usuario SINAMIC HMI KTP 400.

3.2.2.2 Sensor de nivel ultrasónico OSISONIC xx930a1a2m12

En la figura 3.55 se observa el sensor ultrasónico utilizado en el presente proyecto.



Figura 3.52 Sensor de Nivel Ultrasónico. OSISONIC xx930a1a2m12

FUENTE: Elaboración propia.

- Características técnicas del sensor de nivel ultrasónico osisonic xx930a1a2m12
 - Diámetro: 30mm

- Productos adecuados para usar en entornos difíciles: sensores sellados insensibles al polvo y al ruido de fondo, con compensación de temperatura y resistencia a agentes químicos.
- Distancias de detección: 1000 mm.
- Salidas digitales PNP o NPN (seleccionables), función NO o NC, salida analógica 4 - 20mA o 0 - 10V
- Tensión de alimentación 12/24V, conexión con conectores
- Temperatura de rango: 4 ° a 149 °
- LED indicador de estado
- NEMA 4, 4X, 6, 6P, 12 y 13

Tabla 3.18 Especificaciones y detalles técnicos del sensor.

Presión:	máx. 10 bar
Temperatura:	máx. 100 °C.
Conexión:	G ¹ / ₂ , 1/2 “, NPT, M16
Material:	Polipropileno, PVDF
Cuerpo del interruptor:	polipropileno
Flotador:	polipropileno
Máx. Presión	máx. 10 bar / 145 psig
Máx. Temperatura:	80 °C /175 °F
Posición de instalación:	Horizontal (±30° desde el plano horizontal)
Componentes de contacto:	Contacto N/A /contacto N/C (dependiendo de la instalación)
Conexión eléctrica:	Cable trenzado AWG20, 2 núcleos, PVC, 1m.
Capacidad de contacto:	Máx. 250 VAC Máx.50 watt/VA /máx. 1,5 A
Resistencia de contacto:	Máx. 80mOhm
Fuerza eléctrica mínima:	400 VDC/1s
Densidad del medio:	>0.6 g/cm.

FUENTE: www.schneider.com/productos

3.2.2.2.1 Circuito convertidor de señal (sensor ultrasónico de nivel).

El sensor ultrasónico genera una señal de 4 a 20 mA, y por un tema de interferencia se dispuso utilizar un circuito conversor de corriente a voltaje (0 -10 VDC)..

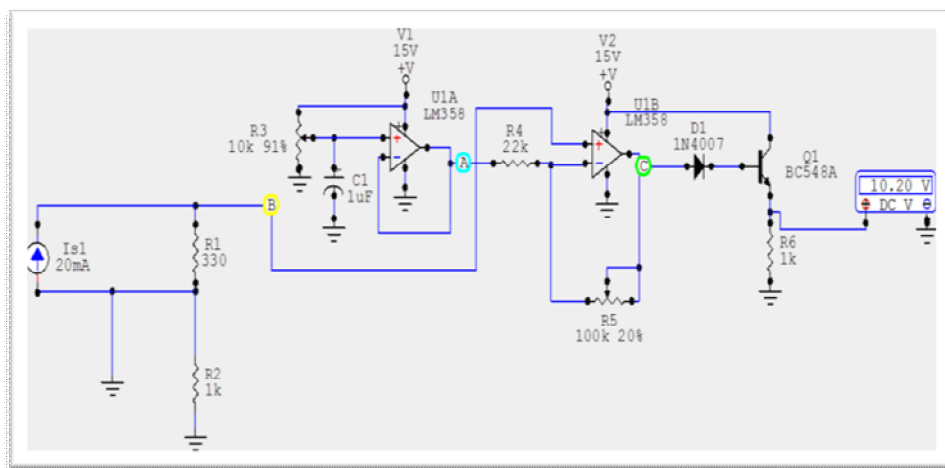


Figura 3.53 Diagrama de Circuito Conversor de Corriente a Voltaje del Sensor Ultrasónico
FUENTE: Soporte técnico Schneider Eléctric.



Figura 3.54 Circuito conversor de corriente (sensor ultrasónico).

FUENTE: Elaboración Propia

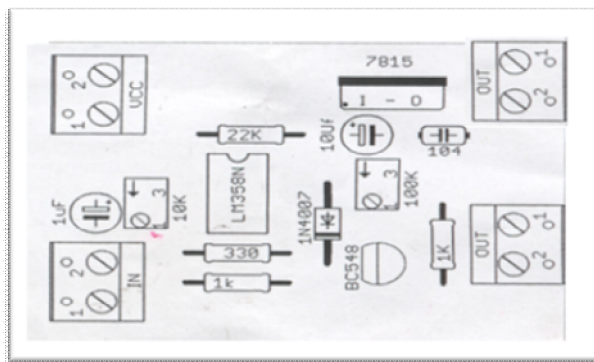


Figura 3.55 Detalle de ubicación de componentes en el circuito impreso.

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 3.19 Lista De Materiales para circuito convertidor de Corriente a Voltaje

PLACA DE CIRCUITO CONVERTIDOR CORRIENTE A VOLTAJE	CANTIDAD
Placa de PBC	1
LM358	1
Condensadores	1
Resistencias	1
Zócalo	1
Regulador de Voltaje 78L18	1
Potenciómetros Multivuelta	2
Transistor BC485	1
Diodo	1
Borneras	3

FUENTE: Elaboración propia.

3.2.2.3 Procedimiento y modo de configuración manual del sensor de nivel osisonic

xx930A1A2M12

Para configurar el sensor de nivel es necesario conocer los límites de proximidad del sensor.

En la Figura 3.56 se indica los límites a configurar:

1. Detección de zona máxima, 10 voltios.
2. Detección de zona mínima 0 Voltios.

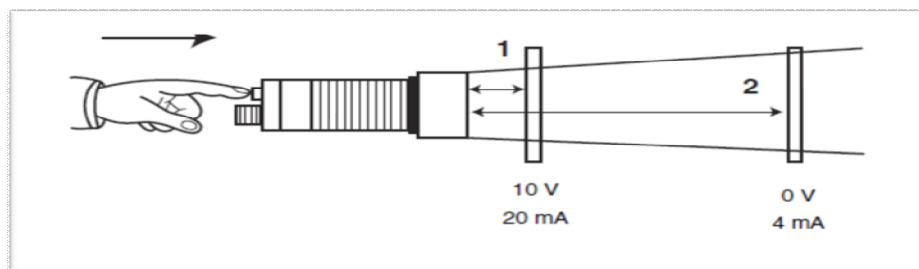


Figura 3.56 Figura Límites de proximidad.

FUENTE: Manual de Usuario Sensor de Nivel OSISONIC XX930A1A2M12

3. Mediante los botones de configuración del sensor aproximaremos los valores alto y bajo del líquido.

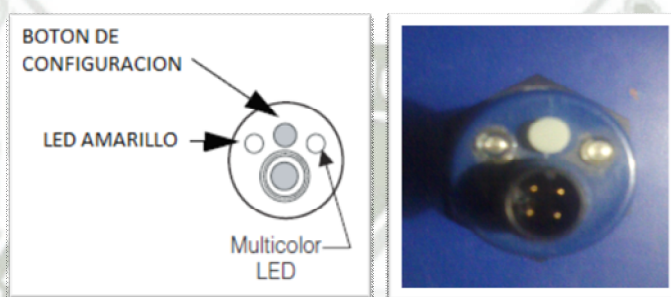


Figura 3.57 Botones de Configuración y LED de Aviso

FUENTE: Elaboración Propia.

4. Detectando el nivel bajo, el Led da un parpadeo en color verde.



Figura 3.58 Primera Posición en 0 voltios.

FUENTE: Elaboración Propia

5. Insertamos la segunda posición y el LED multicolor mostrará verde continuo.



Figura 3.59 Segunda posición en nivel máximo

FUENTE: Elaboración Propia

3.2.2.4 Red de comunicación Profinet

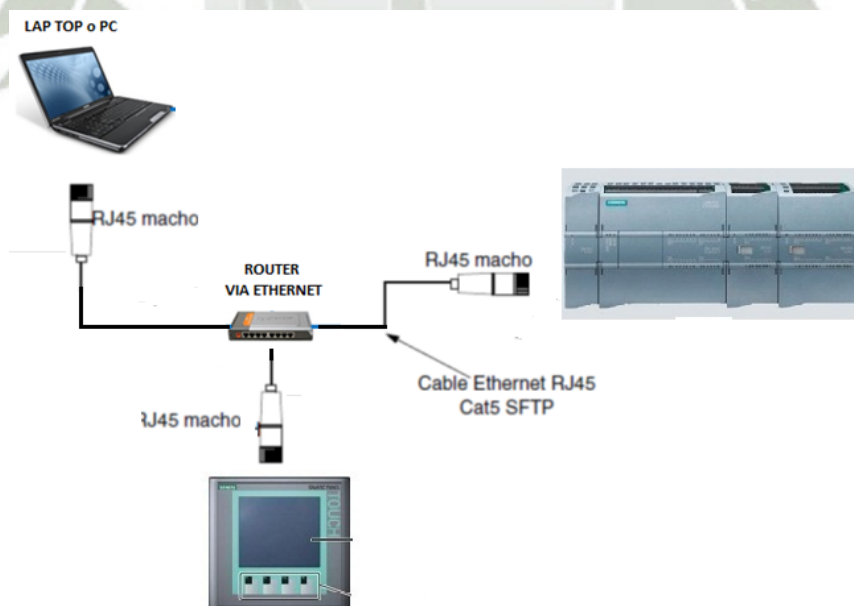


Figura 3.60 Comunicación Profinet mediante Switch Ethernet.

FUENTE: Elaboración Propia



CAPITULO 4.

4 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE DEL SISTEMA PILOTO.

4.1 Configuración del software TIA PORTAL.

4.1.1 Vista General del TIA Portal.

El Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) integra diferentes productos SIMATIC en una aplicación de software que permitirá aumentar la productividad y la eficiencia del proceso. Dentro del TIA Portal, los productos interactúan entre sí, ofreciéndole soporte en todas las áreas implicadas en la creación de una solución de automatización.

Una solución de automatización típica abarca lo siguiente:

- Un controlador que controla el proceso con la ayuda del programa.
- Un panel de operador con el que se maneja y visualiza el proceso.

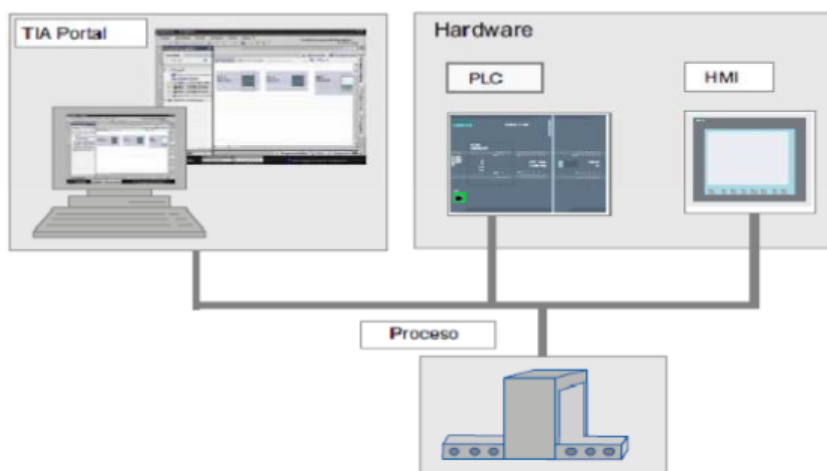


Figura 4.1 Interfaz de comunicación PLC, HMI, PC.

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

El TIA Portal ayuda a crear una solución de automatización. Los principales pasos de configuración son:

- Creación del proyecto
- Configuración del hardware
- Conexión en red de los dispositivos
- Programación del controlador
- Configuración de la visualización
- Carga de los datos de configuración
- Uso de las funciones Online y diagnóstico

El TIA Portal ofrece las siguientes ventajas:

- Gestión conjunta de los datos
- Manejo unitario de los programas, los datos de configuración y los datos de visualización
- Fácil edición mediante Drag & Drop
- Comodidad de carga de los datos en los dispositivos
- Manejo unitario
- Configuración y diagnóstico asistidos por gráfico

4.1.2 Concepto de Ingeniería.

4.1.2.1 Sistema de Ingeniería.

Con el TIA Portal se configura tanto el control como la visualización en un sistema de ingeniería unitario. Todos los datos se guardan en un proyecto. Los componentes de programación (TIA PORTAL) y visualización (WinCC Advanced) no son programas independientes, sino editores de un sistema que accede a una base de datos común. Todos los datos se guardan en un archivo de proyecto común.

Para todas las tareas se utiliza una interfaz de usuario común desde la que se accede en todo momento a todas las funciones de programación y visualización.

4.1.2.2 Gestión de Datos

4.1.2.2.1 Gestión de datos centralizada

Todos los datos se guardan en un proyecto del TIA Portal. Los cambios en los datos de aplicación, como p. ej. Las variables, se actualizan automáticamente en todo el proyecto, abarcando incluso varios dispositivos.

4.1.2.2.2 Direccionamiento simbólico global

Si se utiliza una variable de proceso en varios bloques de distintos controladores y en imágenes HMI, dicha variable puede crearse o modificarse desde cualquier punto del programa. No importan ni el bloque ni el dispositivo en el que se realice la modificación. El TIA Portal ofrece las posibilidades siguientes para definir variables PLC:

- Definición en la tabla de variables PLC
- Definición en el editor de programas
- Definición mediante conexión con las entradas y salidas del controlador

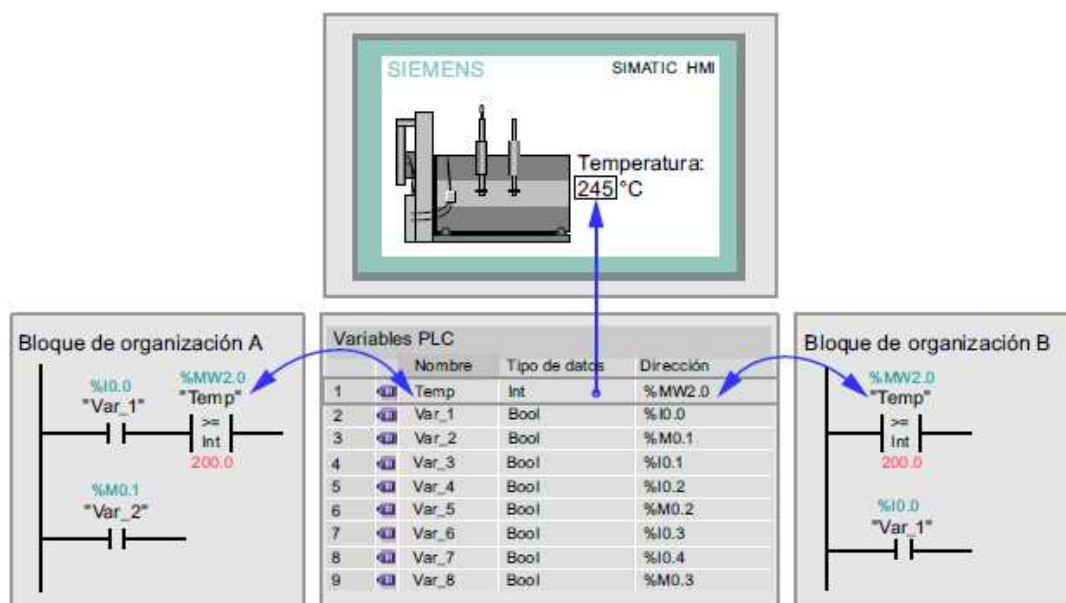


Figura 4.2 Asignación de memorias.

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

Todas las variables PLC definidas aparecen en la tabla de variables PLC, donde se pueden editar. Las modificaciones se realizan de forma centralizada y se actualizan continuamente. Gracias a la gestión de datos coherente, ya no es necesario que los diferentes participantes de un proyecto se sincronicen, por ejemplo el programador y el diseñador HMI.

4.1.2.2.3 Concepto de librería

Distintas partes de un proyecto pueden volver a utilizarse tanto dentro del proyecto como en otros proyectos gracias a las librerías.

- Los elementos tales como bloques, variables PLC, tablas de variables, alarmas, imágenes HMI, módulos individuales o estaciones completas se almacenan en librerías locales y globales.
- También es posible reutilizar dispositivos y funciones definidas.
- La librería global permite intercambiar fácilmente datos entre proyectos.

4.1.3 Vistas del TIA Portal.

La vista del portal ofrece una vista de las herramientas orientada a las tareas. El objetivo de la vista del portal es facilitar en lo posible la navegación por las tareas y los datos del proyecto. Para ello, es posible acceder a las funciones de la aplicación desde distintos portales, según las principales tareas que deban realizarse. La figura siguiente muestra la estructura de la vista del portal:



Figura 4.3 Pantalla principal TIA portal.

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

Tabla 4.1 Descripción de las opciones en la vista de inicio del portal del TIA.

	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Portales para las distintas tareas.	Los portales proveen las funciones básicas para las distintas tareas. Los portales disponibles en la vista del portal dependen de los productos instalados.
2	Acciones del portal seleccionado.	Aquí aparecen las acciones que se pueden ejecutar en el portal en cuestión y que pueden variar en función del portal. El acceso contextual a la Ayuda es posible desde cualquier portal.
3	Ventana de selección de la acción seleccionada.	La ventana de selección está disponible en todos los portales. El contenido de la ventana se adapta a la selección actual
4	Cambiar a la vista del proyecto.	El enlace "Vista del proyecto" permite cambiar a la vista del proyecto.
5	Indicación del proyecto abierto actualmente.	Aquí se indica qué proyecto está abierto actualmente.

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

4.1.4 Vista del proyecto.

La vista del proyecto ofrece una vista estructurada de todos los componentes de un proyecto. En la vista del proyecto hay distintos editores disponibles que ayudan a crear y editar los respectivos componentes del proyecto.

La figura siguiente muestra la estructura de la vista del proyecto:

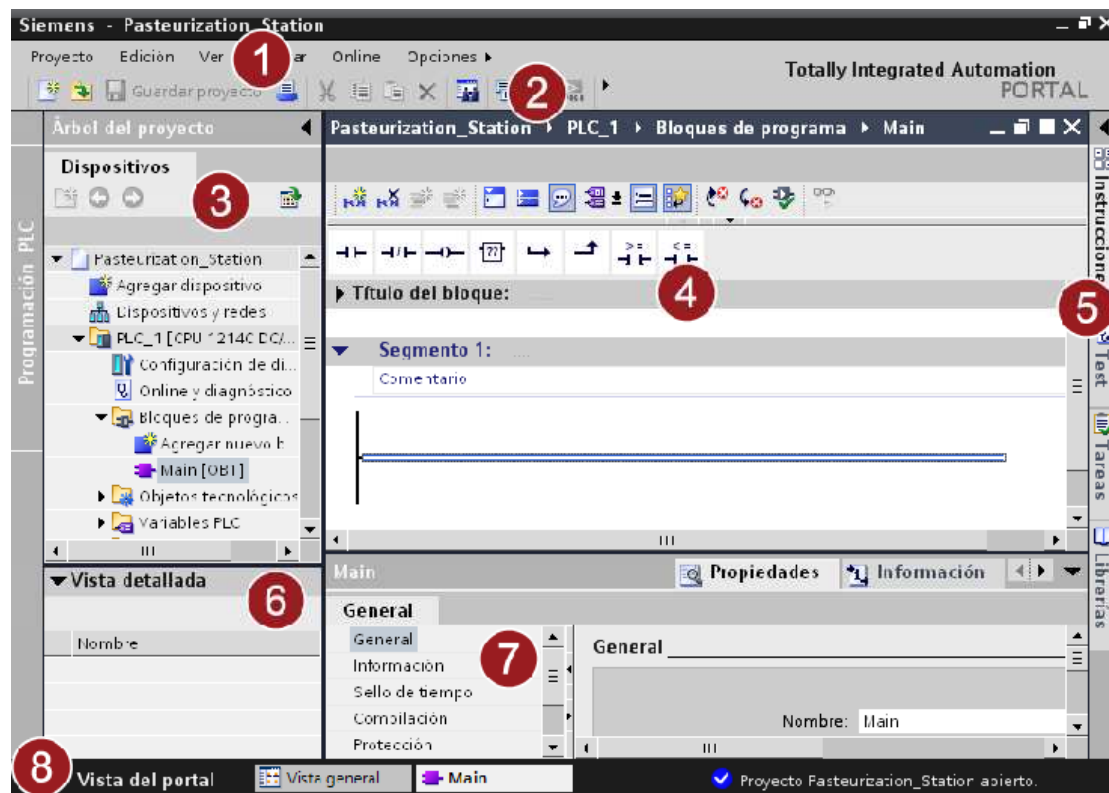


Figura 4.4 Vista del proyecto en TIA PORTAL

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

Tabla 4.2 Descripción de las opciones que ofrece el software TIA portal en su “pantalla de proyecto”.

	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Barra de menú.	En la barra de menús se encuentran todos los comandos necesarios para trabajar con el software.
2	Barra de herramientas.	La barra de herramientas contiene botones que ofrecen acceso directo a los comandos más frecuentes. De esta manera es posible acceder más rápidamente a los comandos que desde los menús.
3	Árbol del proyecto.	A través del árbol del proyecto es posible acceder a todos los componentes y datos del proyecto. En el árbol del proyecto pueden realizarse p. ej. Las siguientes acciones: <ul style="list-style-type: none"> • Agregar componentes • Editar componentes existentes • Consultar y modificar las propiedades de los componentes existentes
4	Área de trabajo.	En el área de trabajo se visualizan los objetos que se

		abren para editarlos.
5	Task Cards.	Las Task Cards están disponibles en función del objeto editado o seleccionado. Las Task Cards disponibles se encuentran en una barra en el borde derecho de la pantalla. Se pueden expandir y contraer en todo momento.
6	Vista detallada.	En la vista detallada se visualizan determinados contenidos del objeto seleccionado. Los contenidos posibles son por ejemplo listas de textos o variables.
7	Ventana de inspección.	En la ventana de inspección se visualiza información adicional sobre el objeto seleccionado o sobre las acciones realizadas.
8	Cambiar a la vista del portal.	El enlace "Vista del portal" permite cambiar a la vista del portal.

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

Nota

Las distintas ventanas de la vista del proyecto se abren y cierran utilizando la combinación de teclas "<Ctrl> + 1-5". Encontrará una relación de todas las combinaciones de teclas en el sistema de información del TIA Portal.

4.1.5 Creación de un nuevo Proyecto.

En la primera parte del Getting Started se programa un pulsador eléctrico para activar y desactivar una instalación. Si se pulsa una vez el pulsador, la instalación se pone en marcha. Si se vuelve a pulsar, se interrumpe el suministro de corriente y la instalación se desactiva.

Para ello están previstos los pasos de trabajo siguientes:

- Crear un proyecto
- Configurar el controlador
- Crear el programa
- Cargar el programa en el controlador

- Probar el programa
- Crear una imagen HMI

4.1.5.1 Crear un Proyecto

Los pasos siguientes muestran cómo crear un proyecto. En el proyecto se guardan, de forma ordenada, los datos y programas que se generan al crear una tarea de automatización. Para este ejemplo hay que abrir el Totally Integrated Automation Portal en la vista del portal. En el portal de inicio encontrará comandos para crear un proyecto nuevo o abrir uno ya existente.

4.1.5.1.1 Procedimiento para creación de nuevo proyecto.

Para crear un proyecto nuevo se procede del siguiente modo:

1. Inicie el Totally Integrated Automation Portal.

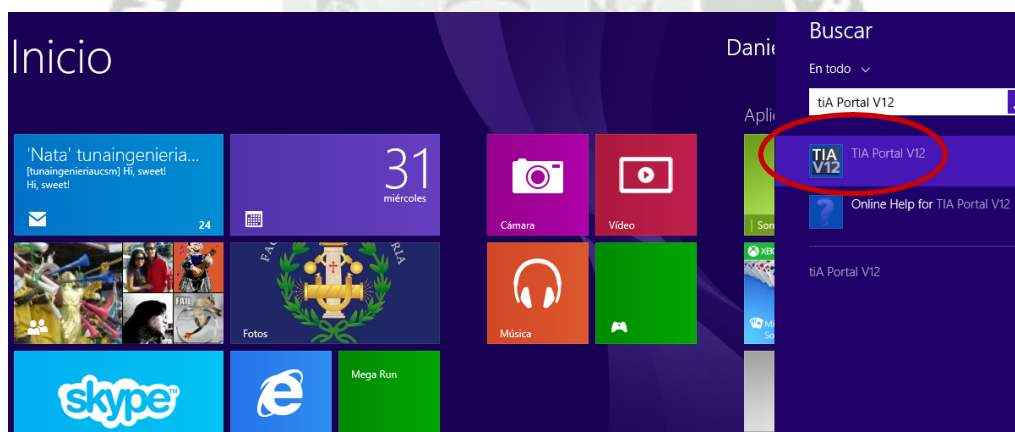


Figura 4.5 Ingreso al programa TIA PORTA V.12

FUENTE: Elaboración propia.

2. Cree el proyecto

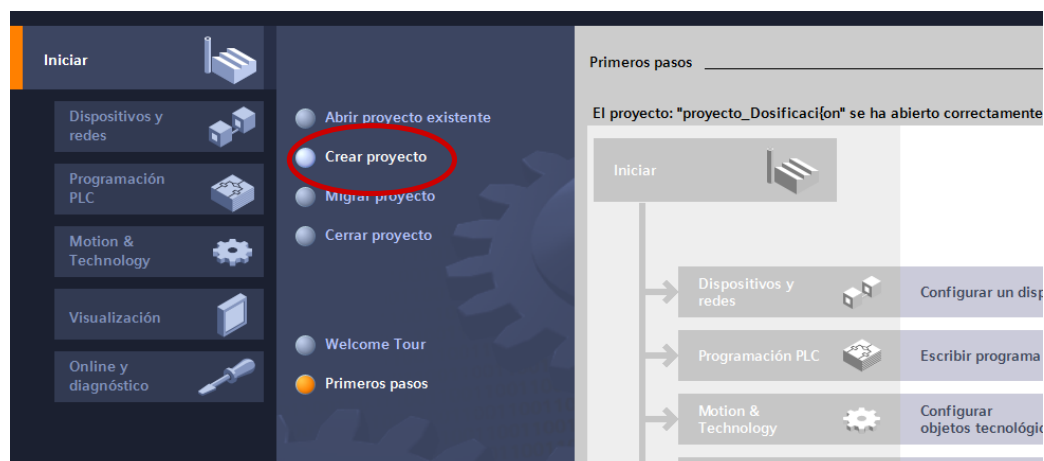


Figura 4.6 Opción para dar inicio a un nuevo proyecto en TIA portal.

FUENTE: elaboración propia usando el software TIA portal V12.

4.1.5.1.2 Insertar y configurar un Controlador

Los pasos siguientes muestran cómo insertar un controlador desde la vista del portal y abrir su configuración en la vista del proyecto. El tipo de controlador que se crea en el proyecto debe coincidir con el hardware disponible.

Procedimiento

Para agregar un dispositivo nuevo al proyecto, proceda del siguiente modo:

1. Inserte un dispositivo nuevo desde el portal.



Figura 4.7 Configuración del PLC y HMI

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

2. Seleccione el controlador deseado



Figura 4.8 Selección de los dispositivos.

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

3. Asegúrese de que la opción "Abrir la vista de dispositivos" está activada. Si esta opción está desactivada, haga clic en ella con el botón izquierdo del ratón para activarla.

4. Haga clic en el botón "Agregar".

4.1.5.1.3 Resultado

Se ha creado un controlador nuevo en el proyecto y se ha abierto en la vista de dispositivos del editor de dispositivos y redes.

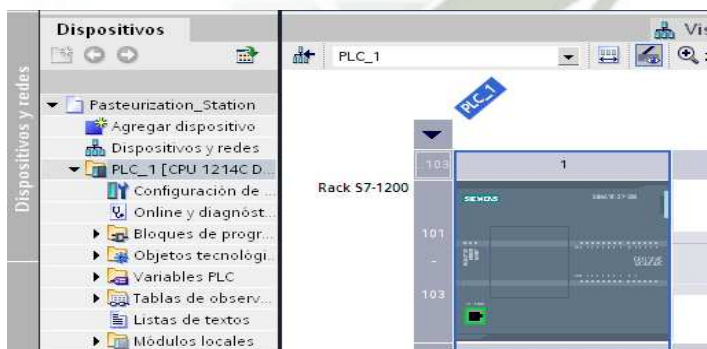


Figura 4.9 Asignación del PLC

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12

4.1.5.1.4 Función del editor de dispositivos y redes.

El editor de dispositivos y redes es el entorno de desarrollo integrado para configurar, parametrizar y conectar dispositivos y módulos en red. Está formado por una vista de redes y una vista de dispositivos. Es posible conmutar en todo momento entre ambos editores.

4.1.5.1.5 Vista de redes

La vista de redes es el área de trabajo del editor de dispositivos y redes, y en él se realizan las tareas siguientes:

- Configurar y parametrizar dispositivos
- Interconectar dispositivos

La figura siguiente muestra la estructura de la vista de redes:

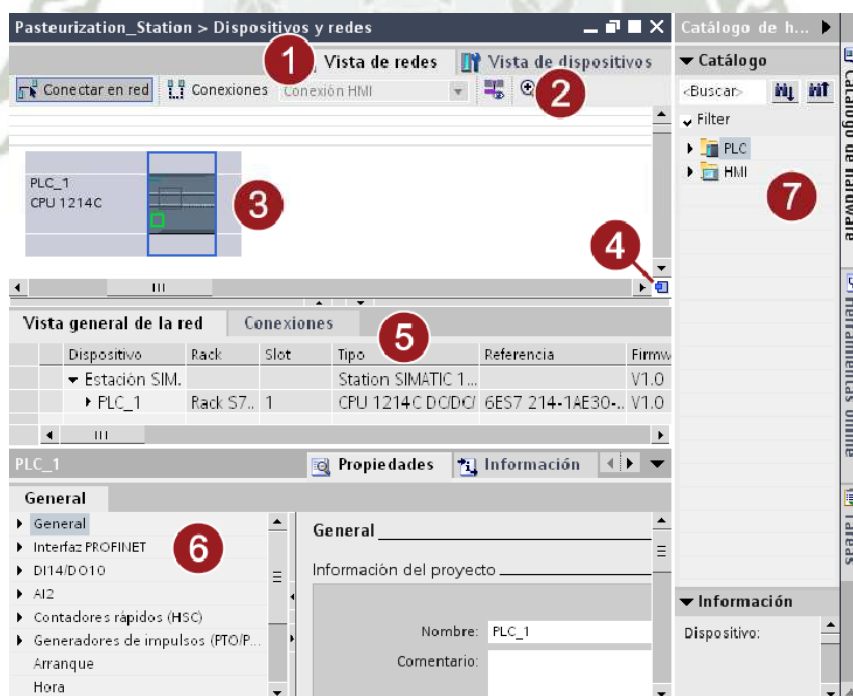


Figura 4.10 La figura siguiente muestra la estructura de la vista de redes.

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

Tabla 4.3. Descripción de opciones en el entorno de configuración e red.

	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1		Ficha para cambiar entre la vista de dispositivos y la de redes
2	Barra de herramientas:	La barra de herramientas contiene las herramientas para la conexión gráfica en red de dispositivos, la configuración de conexiones y la visualización de información sobre las direcciones. La función de zoom permite modificar la representación en el área gráfica.
3	Área gráfica:	El área gráfica muestra los dispositivos de red, las redes, conexiones y relaciones. En el área gráfica se insertan dispositivos del catálogo de hardware (7) y se interconectan a través de sus interfaces.
4	Navegación general	La navegación general ofrece una vista general de los objetos creados en el área gráfica. Manteniendo pulsado el botón del ratón en la navegación general se accede rápidamente a los objetos que se desean visualizar en el área gráfica.
5	Área de tabla	El área de tabla ofrece una vista general de los dispositivos, conexiones y comunicaciones utilizadas.
6	Ventana de inspección	La ventana de inspección muestra información relacionada con los objetos seleccionados actualmente. En la ficha "Propiedades" de la ventana de inspección se editan los ajustes de los objetos seleccionados.
7	Task Card "Catálogo de hardware":	El catálogo de hardware permite acceder rápidamente a los diversos componentes de hardware. Los dispositivos y módulos necesarios para la tarea de automatización se arrastran desde el catálogo de hardware hasta el área gráfica de la vista de redes.

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

4.1.5.1.6 Vista de dispositivos

La vista de dispositivos es el área de trabajo del editor de dispositivos y redes, y en él se realizan las tareas siguientes:

- Configurar y parametrizar dispositivos.
- Configurar y parametrizar módulos.

4.1.5.2 Configurar el controlador

Los pasos siguientes muestran cómo configurar la interfaz PROFINET del controlador insertado.

4.1.5.2.1 Requisitos

- El proyecto está creado.
- El controlador está abierto en la vista de dispositivos del editor de hardware y redes.

4.1.5.2.2 Procedimiento

Para configurar el controlador, proceda del siguiente modo:

1. Seleccione la interfaz PROFINET en la representación gráfica. En la ventana de inspección aparecen las propiedades de la interfaz PROFINET.

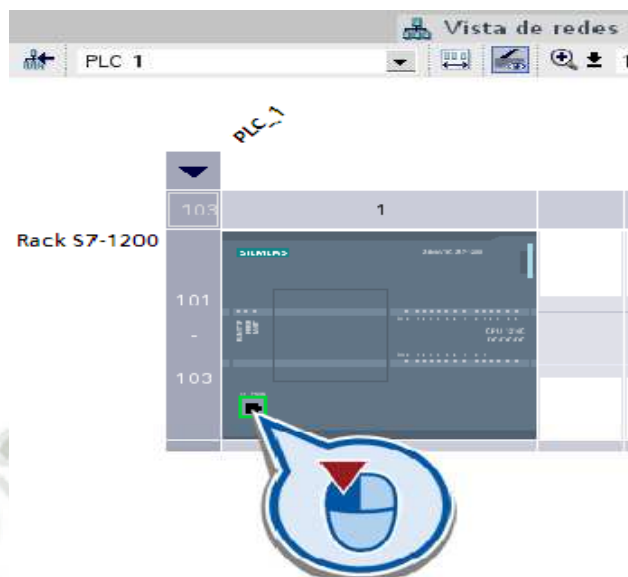


Figura 4.11 Puerto Ethernet.

FUENTE: Sistema de ayuda TIA portal V12.

2. Introduzca la dirección IP del controlador en la opción "Direcciones Ethernet" de la ventana de inspección.

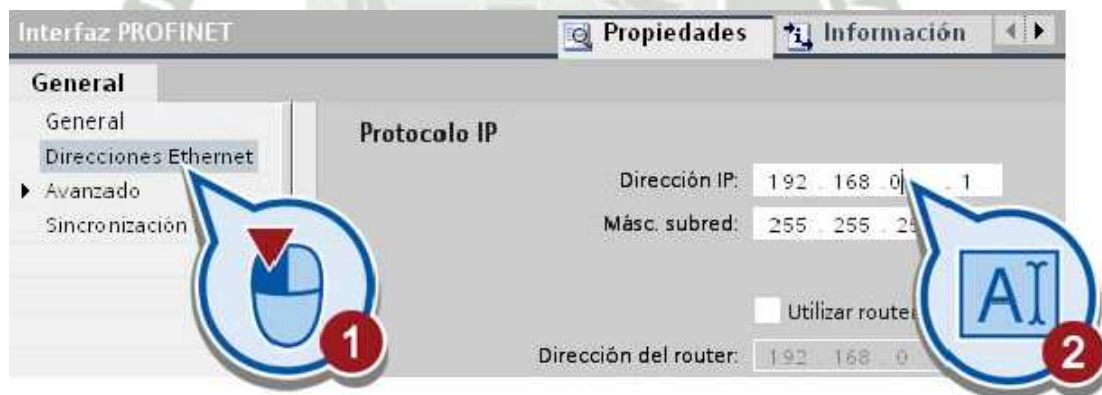


Figura 4.12 Asignación de la dirección de red

FUENTE: Sistema de ayuda TIA portal V12.

3. Guarde el proyecto haciendo clic en el icono "Guardar proyecto" de la barra de herramientas.
4. Cierre el editor de hardware y redes.

4.1.5.2.3 Resultado

El controlador se ha configurado al ajustar las propiedades de la interfaz PROFINET.

4.1.5.3 Crear el programa

4.1.5.3.1 Introducción

Junto con el controlador, en el proyecto se crea automáticamente el bloque de organización "Main [OB1]". En dicho bloque de organización se creará a continuación el programa de usuario.

4.1.5.3.2 Bloques de Organización

Un programa de usuario puede estar formado por uno o varios bloques. Hay que utilizar como mínimo un bloque de organización. Los bloques contienen todas las funciones necesarias para ejecutar la tarea de automatización específica.

Algunas de las tareas del programa son:

- Tratamiento de datos de proceso, p. ej. combinación lógica de señales binarias, lectura y evaluación de valores analógicos, definición de señales binarias para la salida, salida de valores analógicos
- Reacción a alarmas, p. ej. alarma de diagnóstico al rebasar por defecto el rango de medición de un módulo de ampliación analógico
- Tratamiento de anomalías durante la ejecución normal del programa

Los bloques de organización (OBs) constituyen la interfaz entre el sistema operativo del controlador y el programa de usuario. Estos bloques son llamados por el sistema operativo y controlan los procesos siguientes:

- Comportamiento en arranque del sistema de automatización
- Ejecución cíclica del programa
- Ejecución del programa controlada por alarmas
- Tratamiento de errores

En un proyecto de automatización debe haber como mínimo un OB de ciclo. En dicho OB de ciclo se escribe el programa que determina el comportamiento del controlador. El sistema operativo llama el OB una vez por ciclo, iniciando con ello la ejecución del programa que contiene. El ciclo vuelve a comenzar cada vez que finaliza la ejecución del programa.

La ejecución del programa de un bloque de organización puede verse interrumpida por la llamada de otros bloques de organización. En tareas de automatización complejas, el programa se estructura y divide en varios bloques que se llaman desde el OB de ciclo y se procesan sucesivamente.

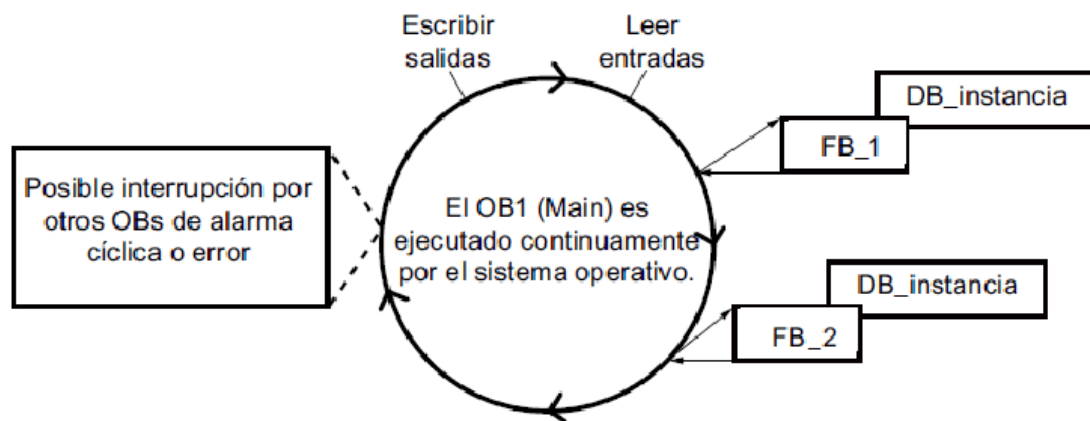


Figura 4.13 La figura siguiente muestra la ejecución de un OB de ciclo

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

Al insertar un controlador en el proyecto se crea automáticamente un OB de ciclo con el nombre "Main [OB1]". En este bloque de organización se creará el programa del proyecto del Getting Started.

4.1.5.3.3 Abrir un bloque de Organización

Los pasos siguientes muestran cómo abrir el bloque de organización en el editor de programas. El editor de programas es el entorno de desarrollo integrado para crear el programa.

Para abrir el bloque de organización "Main [OB1]", proceda del siguiente modo:

1. Abra la carpeta "Bloques de programa" del árbol del proyecto.
2. Abra el bloque de organización "Main [OB1]".

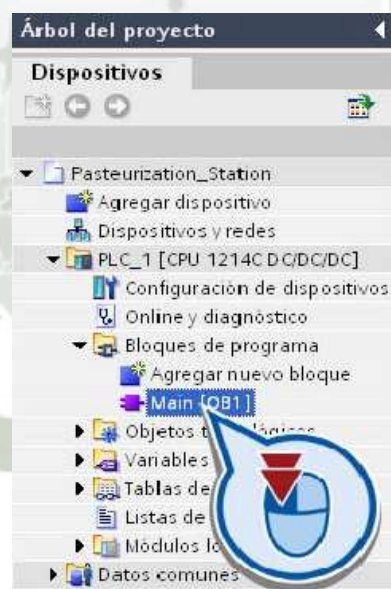


Figura 4.14 Abrir el bloque del programa

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

Se ha abierto el bloque de organización "Main [OB1]" en el editor de programas, donde se puede crear el programa.

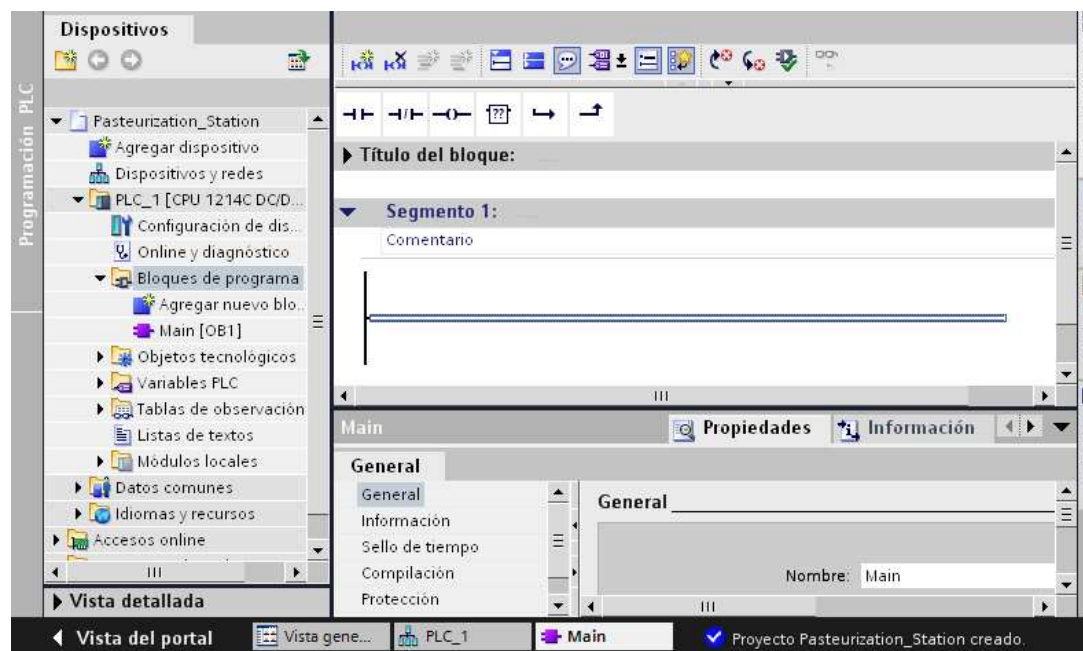


Figura 4.15 Editor de Programas.

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

Nota

- Las ventanas del área de trabajo pueden moverse, desacoplarse y dividirse tanto en horizontal como en vertical según se desee. Encontrará más información en el sistema de información del TIA Portal.
- El editor de programas permite crear los bloques del programa. El editor de programas está formado por varias áreas que soportan la ejecución de diferentes tareas de programación, según sea su función.

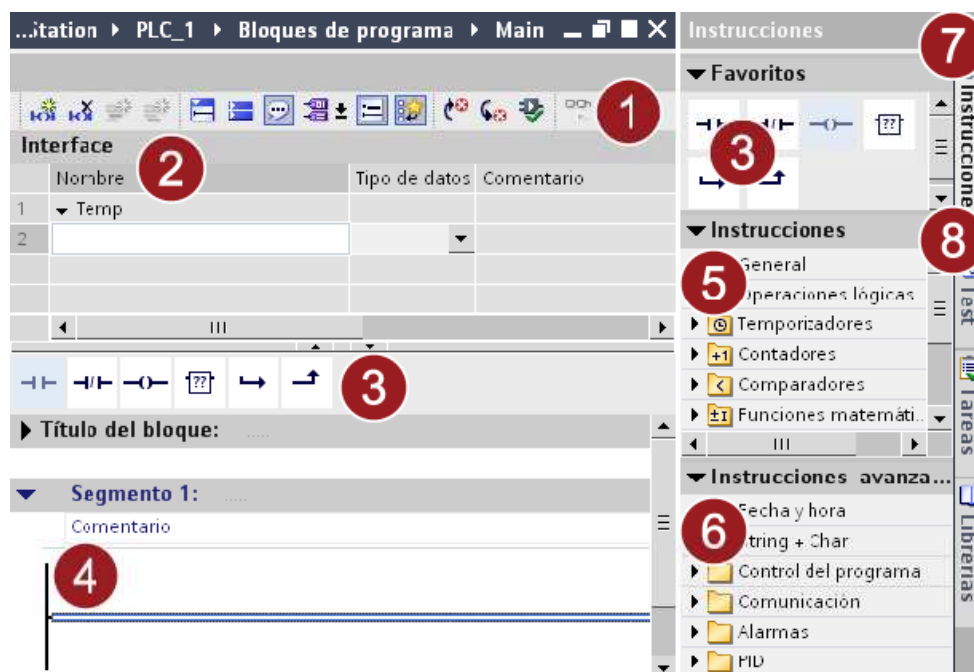


Figura 4.16 La figura siguiente muestra la estructura del editor de programas.

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

Tabla 4.4 Descripción de las opciones del editor de programas en el TIA portal V12.

	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Barra de herramientas:	La barra de herramientas permite acceder a las principales funciones del editor de programas, tales como: <ul style="list-style-type: none"> • Insertar, borrar, expandir y contraer segmentos • Mostrar y ocultar operandos absolutos • Mostrar y ocultar comentarios de segmento • Mostrar y ocultar los Favoritos • Mostrar y ocultar la visualización del estado del programa
2	Interfaz del bloque:	La interfaz del bloque sirve para crear y gestionar variables locales.
3	Paleta "Favoritos"	Task Card "Instrucciones" y Favoritos en el editor de programas: Los Favoritos permiten acceder rápidamente a las instrucciones que se utilizan con frecuencia. Es posible ampliar la paleta "Favoritos" con otras instrucciones
4	Ventana de instrucciones:	La ventana de instrucciones es el área de trabajo del editor de programas. Aquí pueden realizarse las tareas

		siguientes: • Crear y gestionar segmentos (Página 38) • Introducir títulos y comentarios de bloques y segmentos • Insertar instrucciones y asignarles variables.
5	Paleta "Instrucciones"	Task Card "Instrucciones"
6	Paleta "Instrucciones avanzadas"	Task Card "Instrucciones"
7	Task Card "Instrucciones":	Task Card "Instrucciones" contiene las instrucciones con las que se crean los contenidos del programa.
8	Task Card "Test"	Task Card "pruebas"

FUENTE: Sistema de ayuda del software TIA portal V12

4.2 Levantamiento de red industrial Profibus/Profinet.

Antes de empezar con la creación de las redes Profibus y Profinet fue necesario añadir el hardware que se utilizó en la RED industrial.

- Hardware para Profibus que se añadió fue el siguiente:
 - ✓ Autómata S7-1200 Siemens (MAESTRO Profibus DP)
 - ✓ ALTIVAR 32 Schneider Electric. (ESCLAVO Profibus DP)
 - ✓ SINAMICS G120C Siemens (ESCLAVO Profibus DP)
- El software/hardware añadido para Profinet fue el siguiente:
 - ✓ SIMATIC HMI KTP 400 Siemens (Profinet).
 - ✓ WinCC Run Time Advanced Siemens (Profinet)
- Hardware añadido al sistema independientemente:
 - ✓ ALTIVAR 312 Schneider Electric.
 - ✓ Sensor de nivel Ultrasónico OSISONIC xx930a1a2m12 Telemecanique.
 - ✓ Motor/mezclador con engranajes 24 Vdc

4.2.1 Hardware para Profibus DP.

Como ya se había mencionado en el capítulo 4.1; el software Totally integrated automation (TIA portal) fue destinado a ser utilizado para la integración de los equipos que se seleccionaron para el proyecto y creación de la red de comunicación industrial, por tanto a continuación se detallan los pasos que se siguieron para ello.

4.2.1.1 Autómata S7-1200 Siemens (MAESTRO Profibus DP)

4.2.1.1.1 Integración S7-1200 en TIA portal

Lo primero que se integró fue el autómata programable (S7-1200) y se hizo mediante la herramienta agregar dispositivo del menú principal del software.

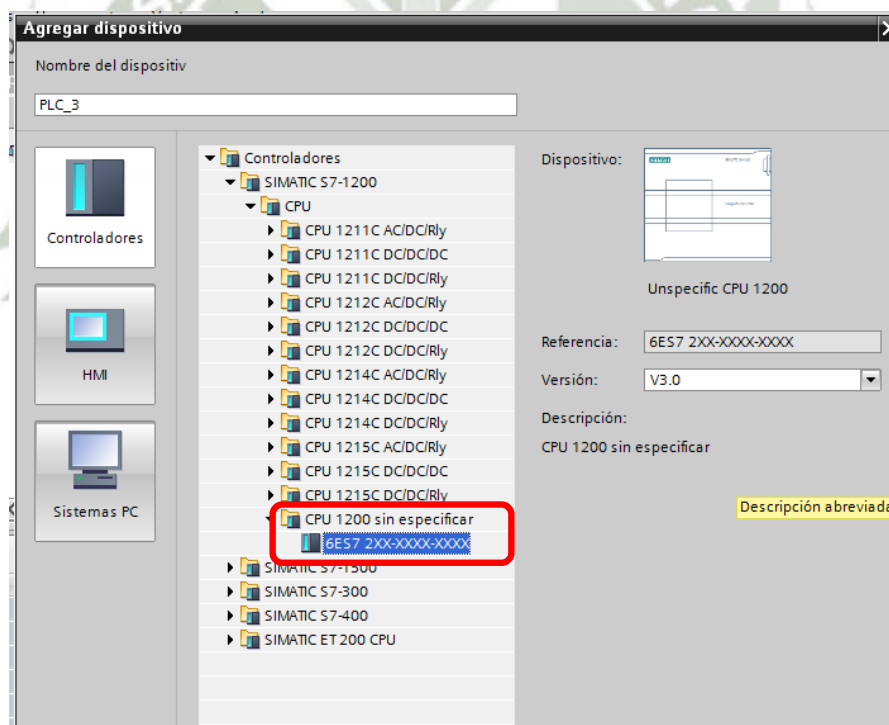


Figura 4.17 Selección de la CPU desde el menú principal.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

Debido a que no se conocía el modelo de nuestro CPU; Tia portal usa una herramienta online para detectar el hardware con todas las características que incluye. Y lo hace de la siguiente manera:

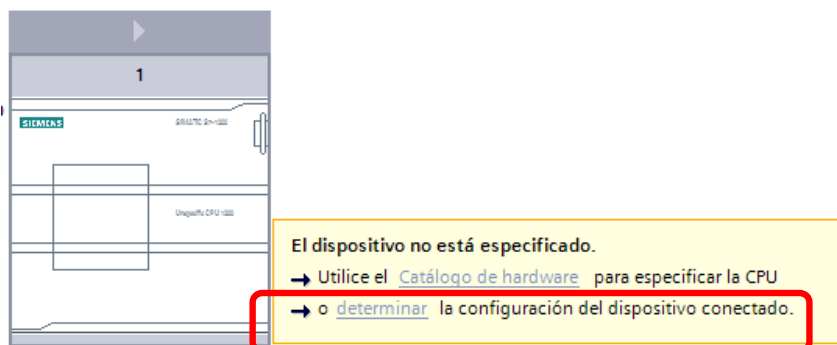


Figura 4.18 Herramienta online para determinar hardware.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

Como se puede observar en la Figura 4.19, se ha reconocido nuestro CPU con las siguientes características:

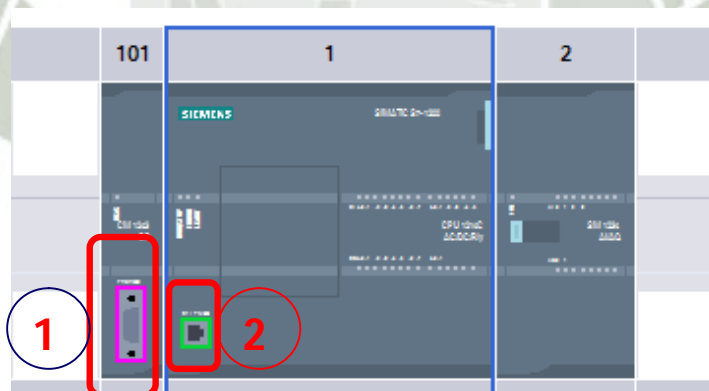


Figura 4.19 Reconocimiento de hardware (CPU) con Tia portal online. (1)Puerto comunicación profibus dp (2) Puerto comunicación Profinet.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

- CPU 1214C AC/DC/Rly (PLC_1)
- Módulo para Interfaz Profibus DP (CM 1243-5)
- Módulo Interfaz Profinet I/O (SM1234 AI4/AQ2)

Tabla 4.5 Características y direccionamientos. (1) Módulo para interfaz profibus DP. (2) PLC S7-1200. (3) Módulo de expansión I/O PLC S7-1200.

Módulo	Slot	Dirección I	Dirección Q	Tipo	Referencia	Firmware
	103					
CM 1243-5	102			CM 1243-5	6GK7 243-5DX30-0XE0	V1.0
Interfaz DP	101			Interfaz DP		
PLC_1	101.2					
	1			CPU 1214C AC/DC/Rly	6ES7 214-1BE30-0XB0	V2.1
DI14/DO10_1	1 1	0...1	0...1	DI14/DO10		
AI2_1	1 2	64...67		AI2		
	1 3					
HSC_1	1 16	1000...10...		HSC		
HSC_2	1 17	1004...10...		HSC		
HSC_3	1 18	1008...10...		HSC		
HSC_4	1 19	1012...10...		HSC		
HSC_5	1 20	1016...10...		HSC		
HSC_6	1 21	1020...10...		HSC		
Pulse_1	1 32		1000...10...	Generador de impulsos...		
Pulse_2	1 33		1002...10...	Generador de impulsos...		
Interfaz PROFINET_1	1 X1			Interfaz PROFINET		
AI4 x 13bits / AQ2 x 14bits_1	2	96...103	96...99	SM 1234 AI4/AQ2	6ES7 234-4HE30-0XB0	V1.0
	3					

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.



4.2.1.1.2 Direccionamiento.

Una vez reconocida la CPU se realiza a direccionar los puertos de comunicación para poder ser reconocida en la red.

Se ingresa a la vista general del puerto de comunicación Profibus DP como se muestra en la Figura 4.19(1) puerto de comunicación Profibus mencionada, para asignarle las siguientes direcciones y parámetros.

Tabla 4.6 direccionamiento y parametrización puerto comunicación profibus DP.

	Nombre de Red	Dirección	Velocidad de T(x)	Sistema
Dirección Profibus	PROFIBUS_1	<i>I</i>	1.5 Mbits/s	-
Modo de Operación	-	-	-	MAESTR O DP
ID de Hardware	-	-	-	269

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

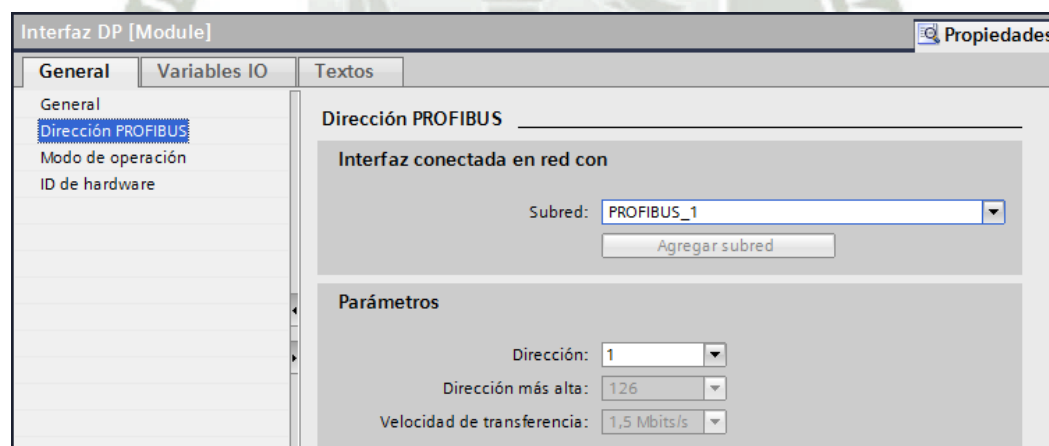


Figura 4.20 Interfaz DP del PLC para configurar dirección y parámetros

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

Se ingresa a la vista general del puerto de comunicación Profibus DP como se muestra en la Figura 4.19(2) puerto de comunicación Profinet mencionada, para asignarle las siguientes direcciones y parámetros.

Tabla 4.7 Direccionamiento y parametrización puerto Ethernet PLC S7-1200.

	Nombre de Red	Prot. IP	Másc. Subred	Profine t	Interconexión
Dirección ETHERNET	PN/IE_1	192.168.1.5	255.255.255.0	Plc_1	-
Puerto (x1)(p1)	-	-	-	-	PLC_1\Interfaz PROFINET_1 [X32768]\Puerto_1 [X32768 P1]
ID de Hardware	-	-	-	-	64

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

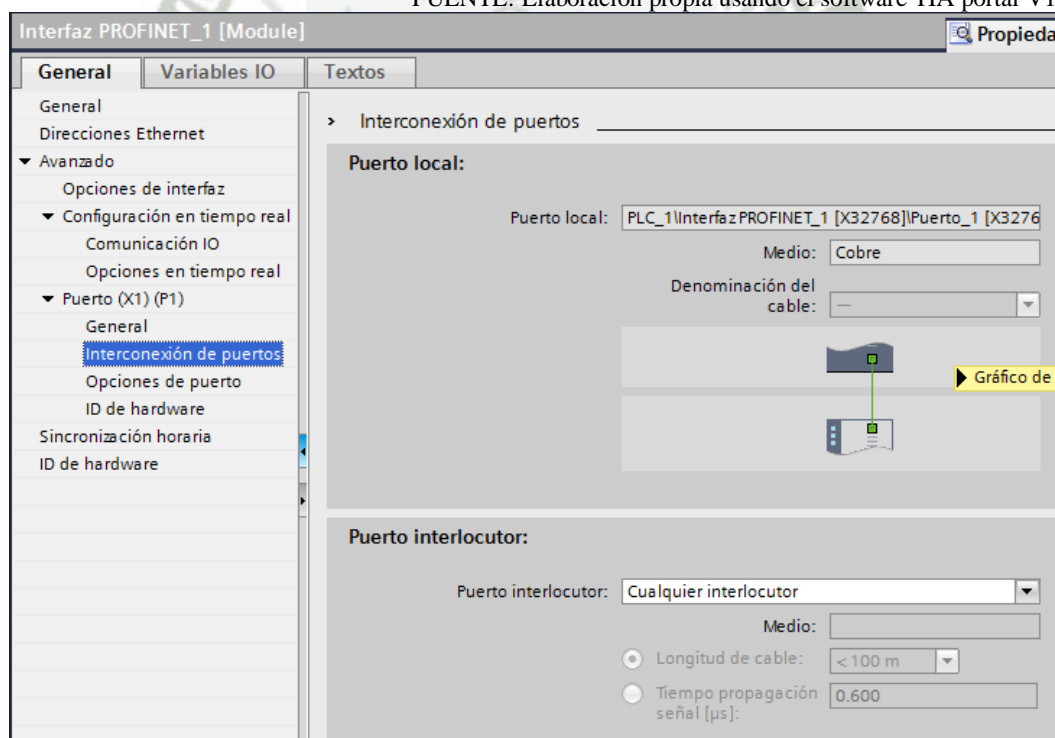


Figura 4.21 Interfaz PROFINET para configuración de dirección y parámetros.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

4.2.1.2 ALTIVAR 32 Schneider Electric. (ESCLAVO Profibus DP)

4.2.1.2.1 Telegramas

Se usa la configuración PROFIBUS para ATV32 cuando los telegramas 100,101 o 102 están presentes. La diferencia entre esos 3 modos son los siguientes:

- La longitud de los datos de proceso varían, es decir: Para el telegrama 100 son 2 datos cíclicos mientras los telegramas 101 and 102 usan 6 datos cíclicos.
- Los parámetros para el área PKW: Esta área no existe para el telegrama 102.

Tabla 4.8 Mapeo de los datos periódicos del telegrama 100.

Telegram 100		
	Master>Device	Device>Master
PKW 1	PKE	PKE
PKW 2	R/W	R/W
PKW 3	PWE	PWE
PKW 4	PWE	PWE
Cyclic data 1	OCA1 Address of CMD =8501*	OMA1 Address of ETA =3201*
Cyclic data 2	OCA2 Address of LFRD =8602*	OMA2 Address of RFRD =8604*

Fuente: <http://www.schneider.com>

NOTA:

La configuración de los datos cíclicos se realiza mediante la configuración PROFIBUS DP de TIA PORTAL.

4.2.1.2.2 Configuración ATV32

Para este apartado se utiliza el software SOMOVE lite de Schneider para la configuración de los variadores ATV32 y ATV312 de Schneider con los siguientes valores que se muestran en las tablas a continuación.

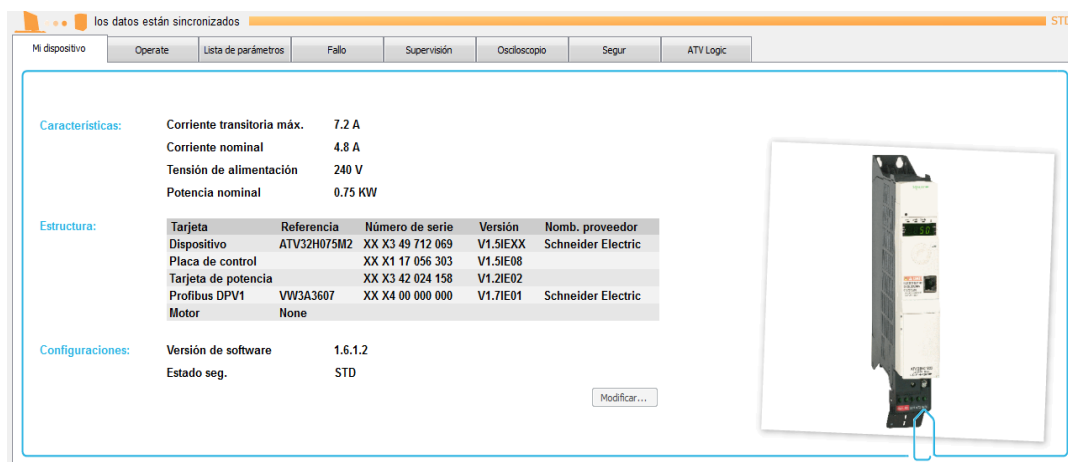


Figura 4.22 Vista Panel de información del Variador.

FUENTE: Elaboración propia usando SOMOVE LITE.

Tabla 4.9 Parámetros con datos de placa del motor (bomba centrífuga) configurados en el DRIVE.

Código	Etiqueta larga	Conf0	Valor predeterminado	Valor mínimo	Valor máximo
LAC	Nivel acceso funciones	Estándar	Estándar		
ARRANQUE RÁPIDO					
TCC	Tipo control 2/3 hilos	Ctrl. 2 hilos	Ctrl. 2 hilos		
CFG	Selección Macro config.	MarchaParo	MarchaParo		
BFR	Frec estandar motor	60Hz NEMA	50 Hz IEC		
IPL	Conf.Pérdida fase red	Fallo ignor.	Fallo ignor.		
NPR	Potencia nominal motor	1 HP	1 HP	0.1 HP	2 HP
UNS	Tensión nominal motor	220 V	230 V	100 V	240 V
NCR	Intensidad Nom Motor	3.3 A	3.5 A	1.2 A	7.2 A
FRS	Frecuencia nom.motor	60 Hz	60 Hz	10 Hz	800 Hz
NSP	Velocidad nom motor	3450 rpm	1700 rpm	0 rpm	65535 rpm
TFR	Frec. máxima de salida	60 Hz	72 Hz	10 Hz	599 Hz
STUN	Autoajuste usado	Por defecto	Por defecto		
ITH	Intensidad térmic motor	3.3 A	3.5 A	0.9 A	7.2 A
ACC	Rampa aceleración (s)	10 s	3 s	0 s	999.9 s
DEC	Rampa deceleración (s)	3 s	3 s	0 s	999.9 s
LSP	Velocidad mínima	0 Hz	0 Hz	0 Hz	60 Hz
HSP	Velocidad máxima	60 Hz	60 Hz	0 Hz	60 Hz

FUENTE: Elaboración propia usando SOMOVE LITE.

4.2.1.2.3 Integración Altivar 32 en TIA portal.

Para poder integrar el DRIVE en el software se realizó la siguiente operación:

- Se descargó un archivo GSD (General station description) ó (Archivo de descripción del dispositivo) del siguiente enlace:

<http://www.schneider-electric.com/download/ww/en/details/2113632-ATV32-PROFIBUS-DP-GSD-Files-V105/>

- Se accede a la opción “Instalar archivo de descripción del dispositivo” en el menú Opciones del TIA Portal

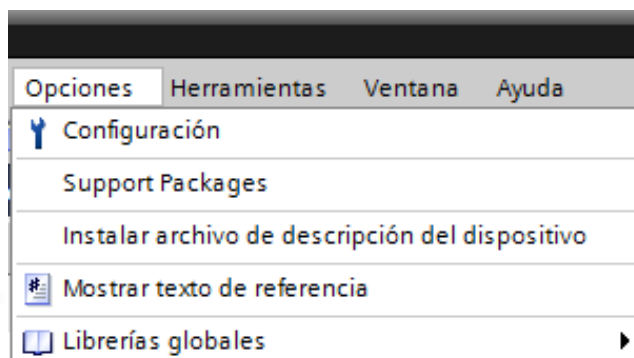


Figura 4.23 Inserción del archivo GSD al TIA portal

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

- Una vez ingresado el archivo GSD se selecciona el Drive y el telegrama del menú desplegable “Catalogo de hardware” para ser utilizado en la Red industrial profibus DP.

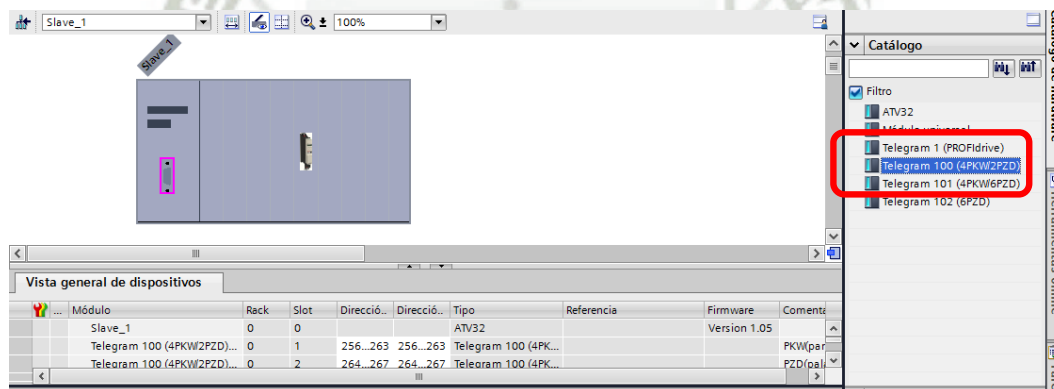


Figura 4.24 Integración del Drive ATV32 y elección del telegrama 100 al TIA portal.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

NOTA:

Del telegrama escogido puede elegirse entre las direcciones 256-263 tanto para entradas y salidas.

Vista general de dispositivos						
...	Módulo	Rack	Slot	Dirección I	Dirección Q	Tipo
	Slave_1	0	0			ATV32
	Telegram 100 (4PKW/2PZD)...	0	1	256...263	256...263	Telegram 100 (4PKW/2PZD)
	Telegram 100 (4PKW/2PZD)...	0	2	264...267	264...267	Telegram 100 (4PKW/2PZD)

Figura 4.25 Direcciones I/O del telegrama 100.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

4.2.1.2.4 Direccionamiento.

Para el direccionamiento; al igual que el autómata programable; se ingresa al puerto del dispositivo en el software y se toma en cuenta los datos de la siguiente tabla.

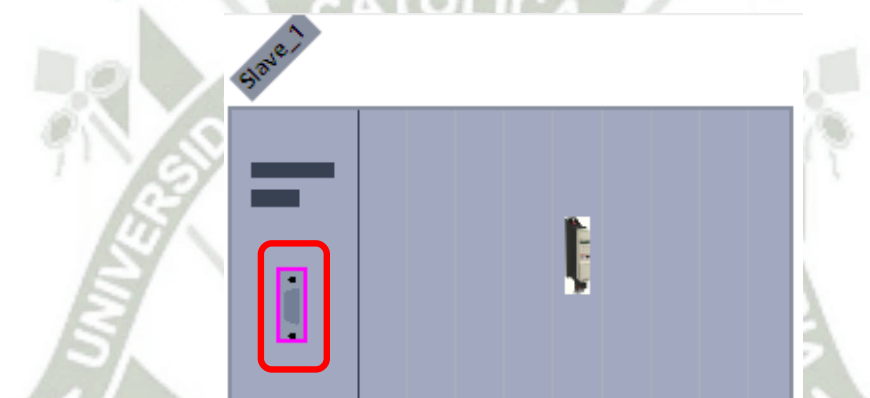


Figura 4.26 Puerto Profibus DP del Drive ATV32.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

Tabla 4.10 Direccionamiento y parametrización puerto de comunicación Profibus DP Drive ATV 32.

	Nombre de Red	Dirección	Velocidad de T(x)	Sistema
Dirección Profibus	PROFIBUS_1	3	1.5 Mbits/s	-
Modo de Operación	-	-	-	ESCLA VO DP
ID de Hardware	-	-	-	275

FUENTE: Elaboración propia.

4.2.1.3 SINAMICS G120C Siemens (ESCLAVO Profibus DP)

4.2.1.3.1 Telegramas.

El perfil PROFIBUS define distintos tipos de telegramas. Los telegramas contienen los datos de la comunicación cíclica con un significado y un orden determinados. El convertidor dispone de los tipos de telegrama que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 4.11 Tipos de telegrama en Sinamics G120C.

Tipo de telegrama (p0922)		Datos de proceso (PZD): palabras de mando y de estado, valores de consigna y reales							
	PZD01 STW1 ZSW1	PZD02 HSW HIW	PZD03	PZD04	PZD05	PZD06	PZD 07	PZD 08	
Telegrama 1 Regulación de velocidad PZD 2/2	STW1	NSOLL_A	⇒ El convertidor recibe estos datos del controlador						
	ZSW1	NIST_A	⇒ El convertidor envía estos datos al controlador						
Telegrama 20 Regulación de velocidad, VIK/NAMUR PZD 2/6	STW1	NSOLL_A							
	ZSW1	NIST_A_ GLATT	IAIST_ GLATT	MIST_ GLATT	PIST_ GLATT	MELD_ NAMUR			
Telegrama 352 Regulación de velocidad, PCS7 PZD 6/6	STW1	NSOLL_A	Datos de proceso PCS7						
	ZSW1	NIST_A_ GLATT	IAIST_ GLATT	MIST_ GLATT	WARN_ CODE	FAULT_ CODE			
Telegrama 353 Regulación de velocidad, PKW 4/4 y PZD 2/2	STW1	NSOLL_A							
	ZSW1	NIST_A_ GLATT							
Telegrama 354 Regulación de velocidad, PKW 4/4 y PZD 6/6	STW1	NSOLL_A	Datos de proceso PCS7						
	ZSW1	NIST_A_ GLATT	IAIST_ GLATT	MIST_ GLATT	WARN_ CODE	FAULT_ CODE			
Telegrama 999 Interconexión libre mediante BICO PZD n/m (n, m = 1 ... 8)	STW1	La longitud del telegrama en la recepción puede configurarse hasta un máx. de 8 palabras							
	ZSW1	La longitud del telegrama en el envío puede configurarse hasta un máx. de 8 palabras							

FUENTE: <http://www.siemens.com>

Para la red profibus se utilizó el telegrama 352 PZD 6/6.

4.2.1.3.2 Configuración Sinamics G120C.

En la tabla a continuación se muestra los datos que deben ser ingresados para el arranque del variador de velocidad.

Tabla 4.12 Ajustes realizados en el variador.

Parámetro	Ajuste de fábrica	Significado del ajuste de fábrica	Nombre del parámetro y observaciones
p0010	0	Listo para la introducción	Accto Puesta en marcha Filtro de parámetros
p0100	0	Europa [50 Hz]	Motor IEC/NEMA <ul style="list-style-type: none"> • IEC, Europa • NEMA, América del Norte Nota: este parámetro no puede modificarse en FW4.3.
p0300	1	Motor asíncrono	Tipo de motor Selección (motor asíncrono/síncrono)
p0304	400	[V]	Tensión asignada del motor (según placa de características, en V)
p0305	en función de Power Module	[A]	Intensidad asignada del motor (según placa de características, en A)
p0307	en función de Power Module	[kW/ hp]	Potencia asignada del motor (según placa de características, en kW/ hp)
p0308	0	[cos phi]	Factor de potencia asignado del motor (según placa de características, en cos 'phi'). Si p0100 = 1,2, p0308 es irrelevante.
p0310	50	[Hz]	Frecuencia asignada del motor (según placa de características, en Hz)
p0311	1395	[1/min]	Velocidad asignada del motor (según placa de características, en 1/min)
p0335	0	Autoventilador: ventilador montado en el eje	Tipo refr. motor (indicación del sistema de refrigeración)
p0625	20	[°C]	Motor Temperatura ambiente
p0640	200	[A]	Límite de intensidad (del motor)
p0970	0	Bloqueado	Accto Resetear todos los parámetros (restablecer los ajustes de fábrica)
P1080	0	[1/min]	Velocidad mínima
P1082	1500	[1/min]	Velocidad máxima
P1120	10	[s]	Generador de rampa Tiempo de aceleración
P1121	10	[s]	Generador de rampa Tiempo de deceleración
P1300	0	Control por U/f con característica lineal	Modo de operación Lazo abierto/cerrado

FUENTE: www.siemens.com

Tabla 4.13 Variables que se pueden modificar en el variador.

Categoría de la señal	4000 hex corresponde al valor de las siguientes parámetros
Velocidades, frecuencias	p2000
Tensión	p2001
Corriente	p2002
Par	p2003
Potencia	p2004
Temperatura	p2006

FUENTE: www.siemens.com

4.2.1.3.3 Integración Sinamics G120C en TIA portal.

- Importación del fichero GSD descriptivo para el esclavo PROFIBUS. El GSD del convertidor debe importarse en el maestro PROFIBUS, es decir, en el controlador, para configurar la comunicación entre el controlador y el convertidor.

<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&objid=23450835&caller=view>



Figura 4.27 inserción del archivo en Tia portal.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

- Elección del Esclavo DP y telegrama 352 desde el menú desplegable “Catálogo de hardware”

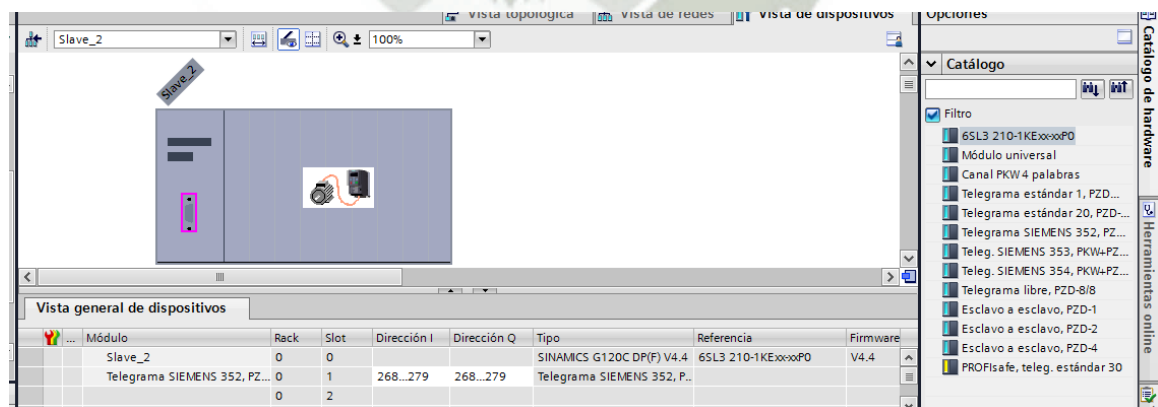


Figura 4.28 Elección de telegrama 352 y configuración del esclavo DP para profibus.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

NOTA:

Del telegrama escogido puede elegirse entre las direcciones 268-279 tanto para entradas y salidas.

...	Módulo	Rack	Slot	Dirección I	Dirección Q	Tipo	Referencia
	Slave_2	0	0			SINAMICS G120C DP(F) V4.4	6SL3 210-1KE0000P0
	Telegrama SIEMENS 352, PZ...	0	1	268...279	268...279	Telegrama SIEMENS 352, P..	
		0	2				

Figura 4.29 Direcciones que pueden ser utilizadas en TIA portal.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

4.2.1.3.4 Direccionamiento.

Para el direccionamiento; al igual que el autómata programable; se ingresa al puerto del dispositivo en el software y se toma en cuenta los datos de la siguiente tabla.

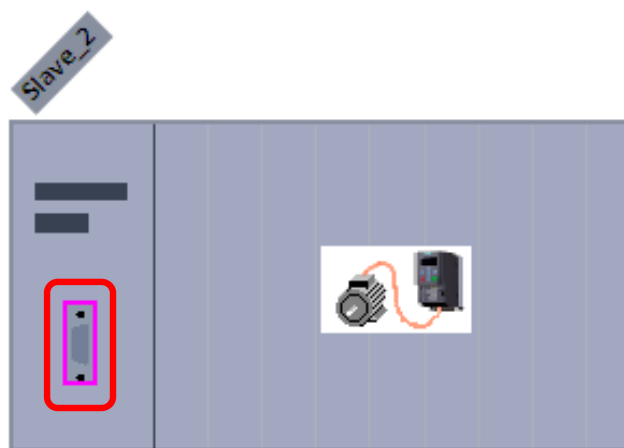


Figura 4.30 Puerto Profibus DP del Drive Sinamic G120C.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

Tabla 4.14 Direccionamiento y parametrización puerto de comunicación Profibus DP Drive Sinamic G120C.

	Nombre de Red	Dirección	Velocidad de T(x)	Sistema
Dirección Profibus	PROFIBUS_1	2	1.5 Mbits/s	-
Modo de Operación	-	-	-	ESCLA VO DP
ID de Hardware	-	-	-	280

FUENTE: Elaboración propia.

4.2.2 Software/Hardware PROFINET.

4.2.2.1 Integración Simatic HMI Ktp 400 siemens.

La pantalla HMI Ktp 400 monocromática se comunica con una PC(Computadora) ,también con una PG(Programa) o un PLC a través de su interfaz incorporada ETHERNET por lo que debe tener una dirección IP de por medio, que para comunicarse y configurarse necesita estar en la misma red que nuestro ordenador y el PLC. Se sigue la siguiente secuencia para agregar y direccionar el dispositivo HMI.

- Se agrega el hardware desde la pantalla principal del TIA portal.

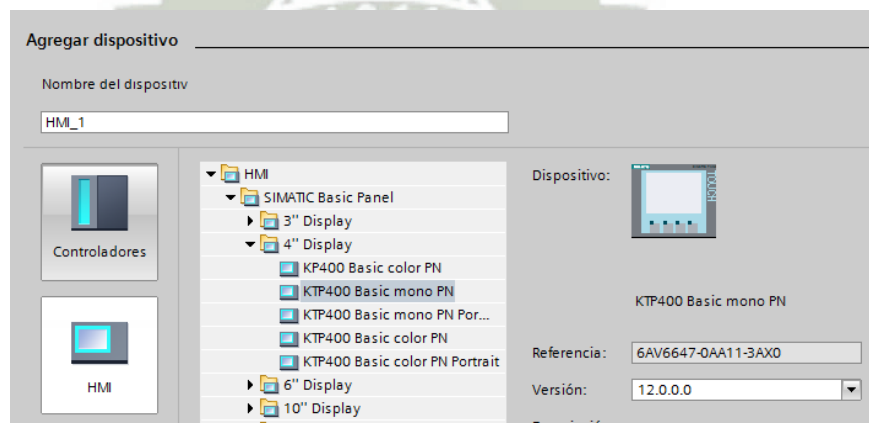


Figura 4.31 Selección del dispositivo HMI en TIA portal.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

4.2.2.1.1 Direccionamiento.

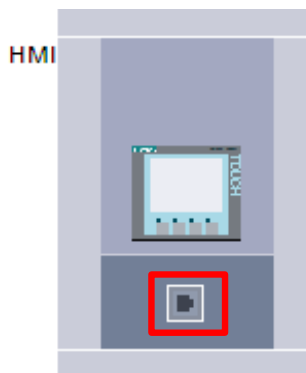


Figura 4.32 Vista del puerto Ethernet HMI Ktp 400 mono.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

Tabla 4.15 Direccionamiento del HMI ktp 400.

	Nombre de Red	Dirección IP	Máscara de Sub red	Velocidad de T(x)	Puerto local
Interfaz PROFINET	PN/IE_1	192.168.1.10	255.255.255.0	10 Mbits/s	HMI_1.IE_CP_1\Interfaz PROFINET_1 [X1]\Port_1 [X1 P1]

FUENTE: Elaboración propia.

4.2.2.2 Integración WinCC Run Time Advanced Siemens

TIA portal tiene la opción de agregar sistemas HMI y estaciones de PC remotas para supervisión de procesos en tiempo real, lo que hoy en día es un gran avance para los sistemas de control.

Para poder tener un visualizador SCADA con Wincc Runtime es necesario integrarlo a la red para que pueda ser reconocida por la misma. Para ello se necesita lo siguiente:

- Agregar una estación PC desde el menú despegable “Catálogo de hardware”.

- Agregar Wincc RT Advanced de la aplicación HMI del menú “Catálogo de hardware”
- Y por último agregar IE General (Interfaz Ethernet) para el módulo de comunicación WinAC del menú “ Catálogo de hardware”

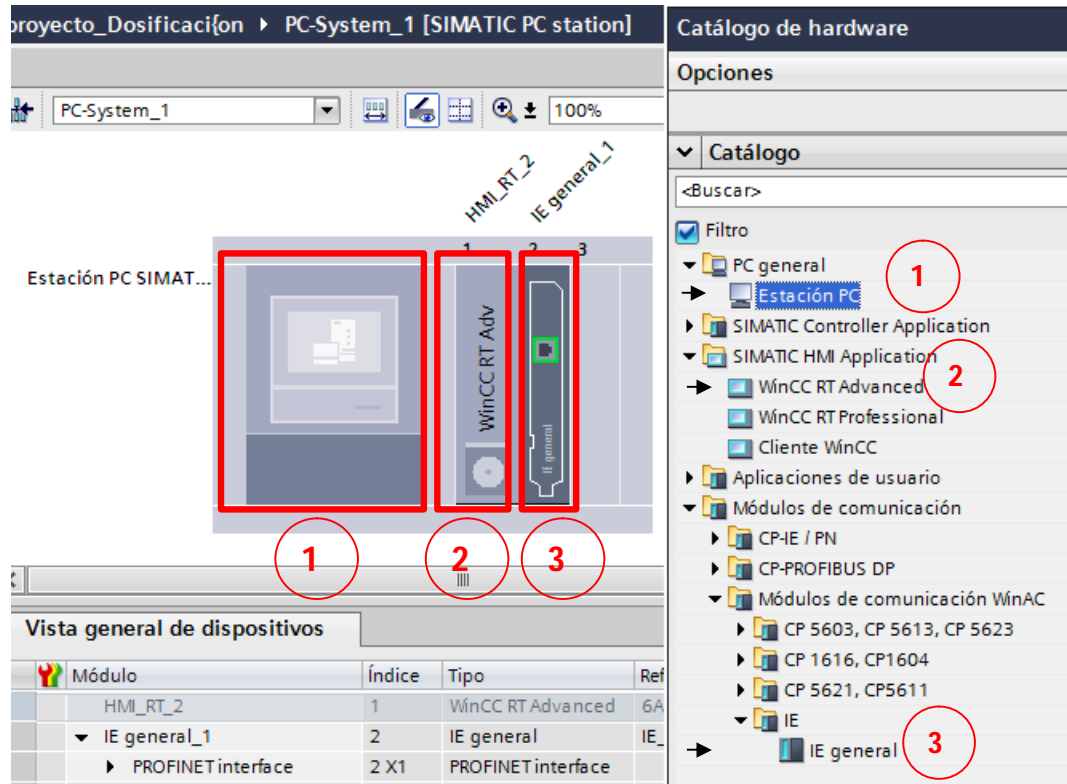


Figura 4.33 Interfaz para supervisión (1) Estación PC Simatic (2) Wincc RT Adv (3) Interfaz General para comunicación.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

4.2.2.2.1 Direccionamiento.

Para poder direccionar nuestro PC station a la red es necesario ingresar al puerto Ethernet especificado en la Figura 4.33 (3) Interfaz General para comunicación

Tabla 4.16 Direccionamiento del PC station con Wincc Runtime Advanced.

	Nombre de Red	Dirección IP	Máscara de Sub red	Velocidad de T(x)	Puerto local
Interfaz PROFINET	PN/IE_1	192.168.1.1	255.255.255.0	10 Mbits/s	IE general_1\ PROFINE T interface [X1]\Port_ 1 [X1 P1]

FUENTE: Elaboración Propia.

4.2.3 Hardware independiente:

Para los siguientes Equipos; se hizo un direccionamiento directo con el PLC a través de TIA portal, ya que estos equipos no tienen módulos con interfaz Profibus/profinet.

4.2.3.1 Integración ALTIVAR 312 en Tia portal.

Para este variador de velocidad; al igual que el Variador ATV32, se hizo una configuración de parámetro en el equipo.

4.2.3.1.1 Configuración.

- Para la configuración del este variador se usó el software SOMOVE lite.

Características: Referencia **ATV312HU15M2**

Tipo de hardware **Product on radiator**

Tensión de alimentación **230 V Single phase**

Potencia nominal **1.5 kW / 2 HP**

Estructura:

Tarjeta	Referencia	Número de serie	Versión	Nomb. proveedor
Dispositivo	ATV312HU15M2	XX X0 50 113 265	V5.11E54	TELEMECANIQUE
Placa de control		XX XF FF FFF FFF	V5.11E54	TELEMECANIQUE
Tarjeta de potencia	VX4A311/312(A)	XX XF FF FFF FFF	V2.11E07	TELEMECANIQUE
Placa de opción				TELEMECANIQUE

Configuraciones: Versión de software **1.5.2.2**

Modificado



Figura 4.34 Características del variador altivar 312 Schneider.

FUENTE: Elaboración propia usando el software TIA portal V12.

- Se ingresaron parámetros de acuerdo a la placa del motor usado.

Tabla 4.17 Configuración de parámetros.

Código	Etiqueta larga	Valor actual	Valor predeterminado
RPI	Referencia interna PID	0 %	0 %
ACC	Rampa aceleración (s)	10 s	3 s
AC2	Rampa aceleración2 (s)	5 s	5 s
DE2	Rampa dec 2 (s)	5 s	5 s
DEC	Rampa deceleración (s)	10 s	3 s
TA1	Coef. redond inicio ACC	10 %	10 %
TA2	Coef. redond final ACC	10 %	10 %
TA3	Coef. redond.inicio DEC	10 %	10 %
TA4	Coef. redond final DEC	10 %	10 %
LSP	Velocidad mínima	0 Hz	0 Hz
HSP	Velocidad máxima	60 Hz	60 Hz
ITH	Intensidad térmic motor	3.3 A	8 A
UFR	Compensación RI	20 %	20 %
FLG	GananciaBucleVelocida	20 %	20 %
STA	Estabilidad bucle freq.	20 %	20 %
SLP	Compens.deslizamiento	100 %	100 %
IDC	Intensidad frenado DC	5.6 A	5.6 A
TDC	Tiempo inyección DC2	0.5 s	0.5 s
TDC1	Temp Iny.DC automát.1	0.5 s	0.5 s
SDC1	Nivel Int. de DC auto 1	5.6 A	5.6 A
TDC2	Temp Iny.DC automát.2	0 s	0 s
SDC2	Nivel Int. de DC auto 2	4 A	1.6 A

FUENTE: Elaboración propia usando el software Somove lite.

Tabla 4.18 Parámetros ingresados de acuerdo a la placa del motor.

<input type="text"/> In: Todos Buscar					
Código	Etiqueta larga	Valor actual	Valor predeterminado	Valor mín.	Valor máx.
BFR	Frec estandar motor	60Hz NEMA	50Hz IEC		
UNS	Tensión nominal motor	220 V	230 V	100 V	240 V
FRS	Frecuencia nom.motor	60 Hz	60 Hz	10 Hz	500 Hz
NCR	Intensidad Nom Motor	3.3 A	5.8 A	2 A	12 A
NSP	Velocidad nom motor	3450 rpm	1715 rpm	0 rpm	32767 rpm
COS	Motor 1 cos fi	0.8	0.81	0.5	1
RSC	Resist. estátor fria	NO	NO	0 mOhm	65535 mOhm
TUN	Autoajuste motor	No	No		
UFT	U/f mot 1 selecc	SVC	SVC		
NRD	Frec.de corte aleatoria	Sí	Sí		
SFR	Frecuencia de corte	4 kHz	4 kHz	2 kHz	16 kHz
TFR	Frec. máxima de salida	72 Hz	72 Hz	10 Hz	500 Hz
SRF	Filtro bucle salida	No	No		
CFG	Selección Macro config.	Val. fábrica	Val. fábrica		

FUENTE: Elaboración propia usando el software Somove lite.

4.2.3.1.2 Direccionamiento

Tabla 4.19 FUENTE: Elaboración propia usando el software Somove lite.

ATV312HU15M2			
	Nombre	Tipo de datos	Dirección ▲
1	RDY	Bool	%Q0.0
2	START	Bool	%Q0.1
3	SAL_ANALOGA_AL_ATV312	Word	%QW96
4	poner RDY	Bool	%M0.0
5	ADELANTE	Bool	%M0.1
6	STOPATV312	Bool	%M0.5
7	tiempo2	Time	%MD6
8	FREC_HMI_ATV312	Real	%MD10
9	FREC_RPM_RT	Real	%MD24

FUENTE: Elaboración propia usando software TIA portal V.12.

Donde:

- (1) Salida de tipo booleana de “LISTO” del variador.
- (2) Salida de tipo booleana de “ARRANQUE” del variador.
- (3) Salida Analógica de tipo palabra para la lectura del estado de la palabra de control del variador.
- (4) Entrada/memoria de tipo booleana para usarse con HMI.
- (5) Entrada/memoria de tipo booleana para usarse con HMI.
- (6) Entrada/memoria de tipo booleana para usarse con HMI.
- (7) Marca doble para almacenar el tiempo de un temporizador.
- (8) Marca doble para ingresar la frecuencia real del variador por HMI.
- (9) Marca doble para ingresar la frecuencia real del variador por WINCC runtime.

4.2.3.2 Integración Sensor de nivel Ultrasónico OSISONIC.

4.2.3.2.1 Normalización y escalamiento

Para la integración del sensor de nivel ultrasónico se necesitó configurar manualmente el valor mínimo y máximo de acuerdo al tanque utilizado es decir se realizó una normalización de la señal de entrada para luego escalarla.

Tabla 4.20 Normalización y escalamiento de la señal del sensor Nivel.

Valores	Sensor de nivel (volts)	Comparación normalizada	Escalamiento en tanque (Litros)
Mínimo	0	0	0
Máximo	10	1	18

FUENTE: Elaboración propia usando software TIA portal V.12.

4.2.3.2.2 Direccionamiento.

Tabla Direccionamiento del Sensor Ultrasónico

Mezclador y sensor de nivel			
	Nombre	Tipo de datos	Dirección
1	MOTOR MEZCLADOR	Bool	%Q0.2
2	SENSADO_DE_NIVEL	Word	%IW64
3	Escalado_LITROS	Real	%MD20
4	Motor mezclador on	Bool	%M0.2
5	Motor mezclador off	Bool	%M0.3

FUENTE: Elaboración propia usando software TIA portal V.12.

Donde:






- (2) Entrada analógica de tipo palabra para la lectura de la señal del sensor en el PLC.
- (3) Salida/Memoria doble para almacenar la señal normalizada y escalada del sensor.

4.2.3.3 Integración Motor-mezclador con engranajes 24 Vdc

4.2.3.3.1 Direccionamiento.

Tabla Direccionamiento del motor-mezclador

Tabla 4.21 Direccionamiento del motor-mezclador.

Mezclador y sensor de nivel			
	Nombre	Tipo de datos	Dirección
1	 MOTOR MEZCLADOR	Bool	%Q0.2
2	 SENSADO_DE_NIVEL	Word	%IW64
3	 Escalado_LITROS	Real	%MD20
4	 Motor mezclador on	Bool	%M0.2
5	 Motor mezclador off	Bool	%M0.3

FUENTE: Elaboración propia usando software TIA portal V.12.

Donde:

- (1) Salida de tipo booleana del motor de 24Vdc.
- (4) Entrada/memoria de tipo booleana para usarse con HMI.
- (5) Entrada/memoria de tipo booleana para usarse con HMI.

4.2.4 Vista general de la Red Profibus/Profinet.

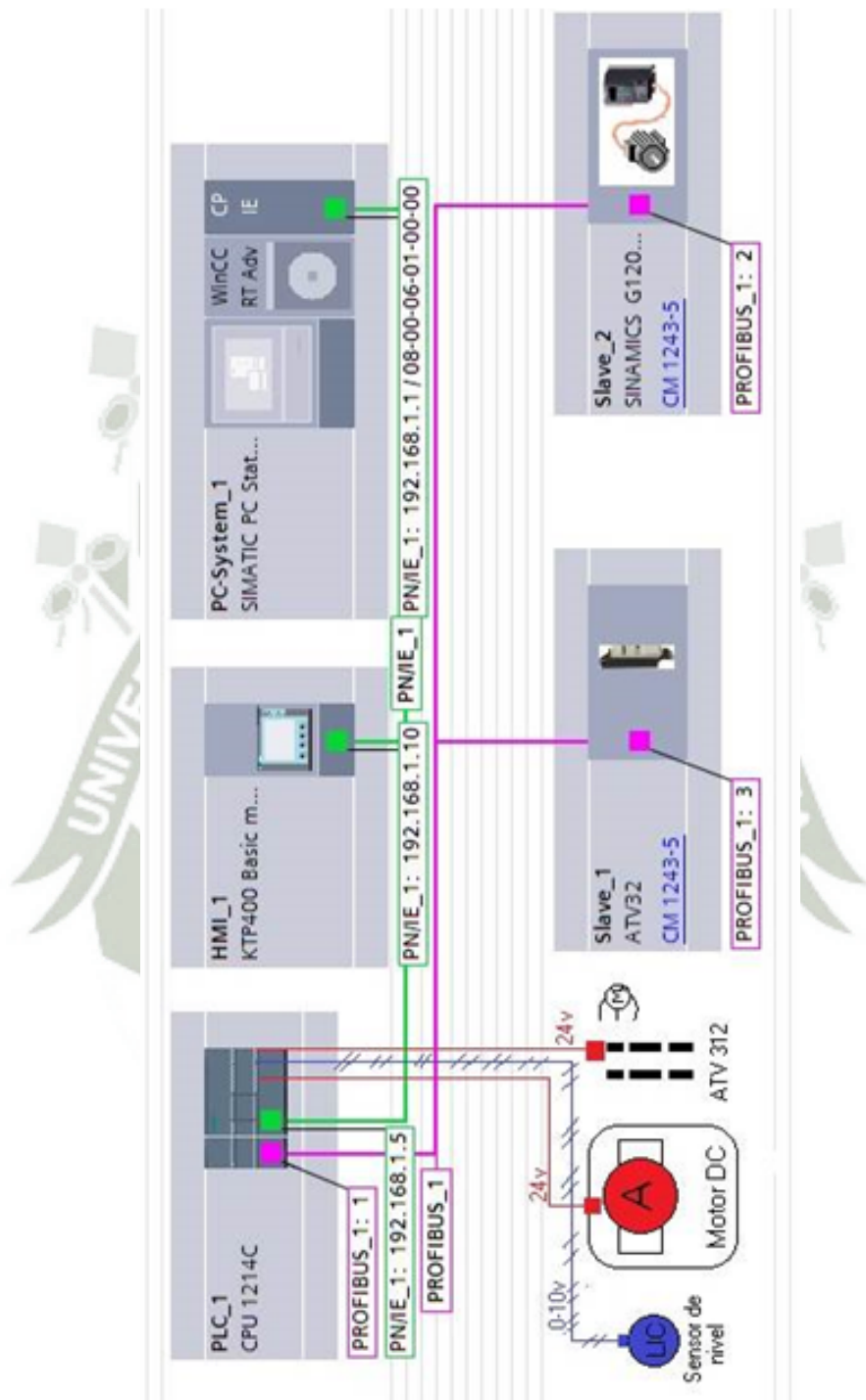


Figura 4.35 Vista general de la red industrial de comunicación

FUENTE: Elaboración propia usando software TIA portal V.12.

4.3 Desarrollo de la programación en el PLC.

La planta piloto de Dosificación de líquidos permite trabajar en dos modos de operación:

- ✓ Sistema Manual.
- ✓ Sistema Automático.

Se describe gráficamente el proceso general del programa.

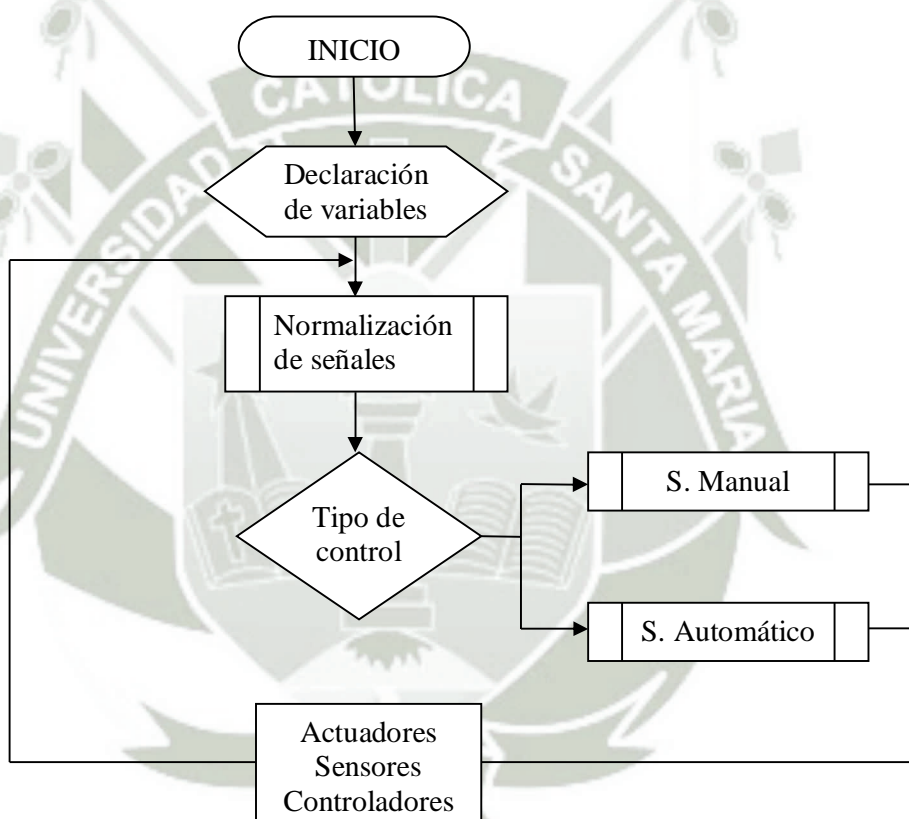


Figura 4.36 Diagrama de flujo del programa principal.

FUENTE: Elaboración propia

4.3.1 Sistema Manual.

En el sistema Manual de la planta piloto, permite al usuario ejecutar los actuadores independientemente, por separado. La ejecución de este sistema manual se lleva a cabo en caso se tenga:

- Un mantenimiento preventivo programado.
- Carga o descarga de líquidos en caso de atoramiento.
- Paradas de emergencia.
- Procesos no concluidos, etc.



A continuación, se describe gráficamente el proceso del sistema manual:

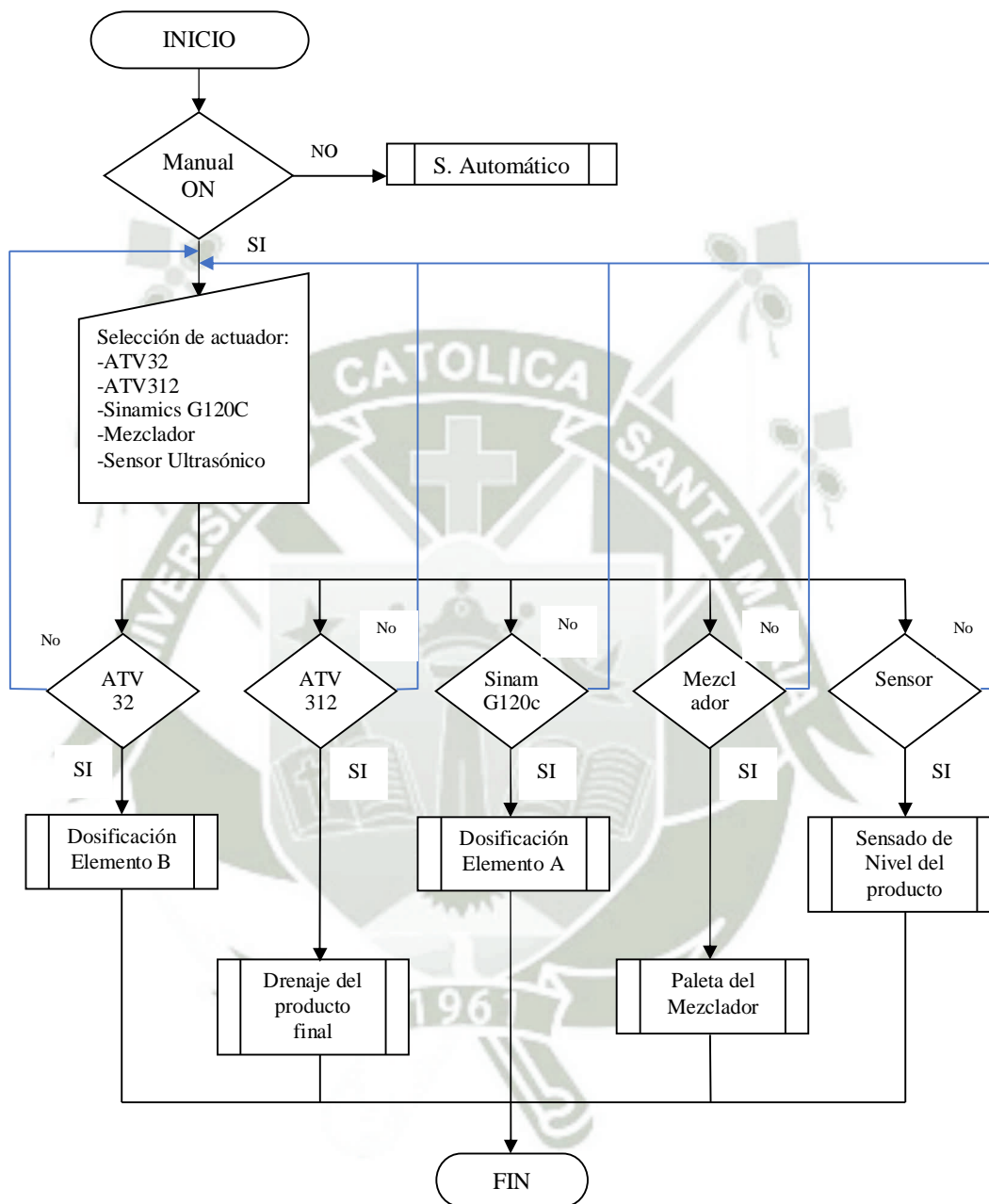


Figura 4.37 Diagrama de flujo del Sistema Manual del Sistema piloto.

FUENTE: Elaboración propia

4.3.1.1 Mando manual Paleta mezcladora. (Motor 24 Vdc)

En la Figura 4.38 se muestra un enclavamiento de la salida %Q0.3 activando un bit desde HMI para la puesta en marcha en la entrada %M0.2, luego se activa el bit desde HMI en la entrada %M03 para desenclavar la salida %Q0.3.

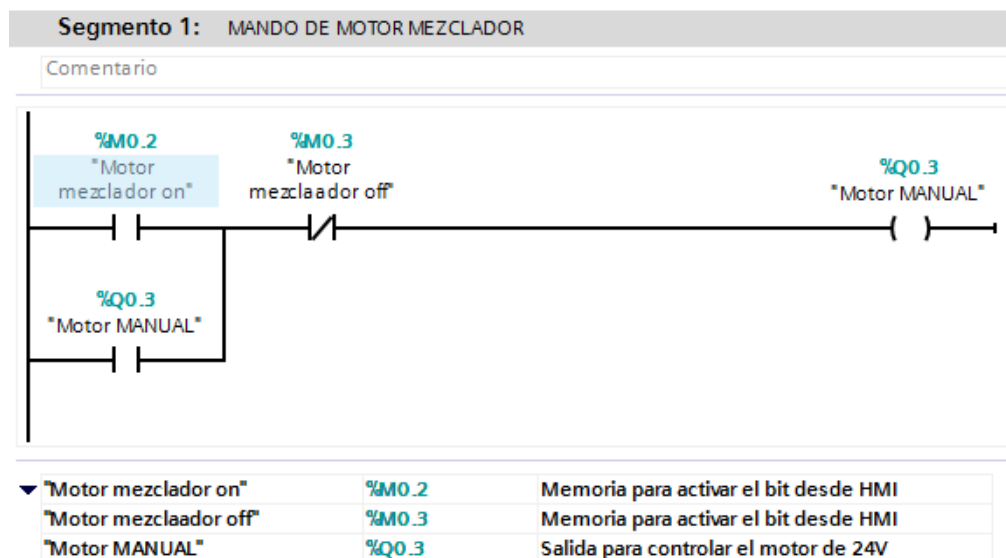


Figura 4.38 Enclavamiento y Des-enclavamiento del motor 24Vdc.

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

4.3.1.2 Mando manual Bomba centrífuga de Drenaje. (Drive Altivar 312)

En la Figura 4.39, se muestra un Bloque tipo “Función” sin memoria para normalizar y escalar la frecuencia de entrada. La dirección de memoria doble %MD10 almacena el valor de la frecuencia ingresada por HMI para ser procesada por la palabra %QW96 del PLC. El bloque también convierte la señal de la palabra %QW96 que está en Hz a un valor numérico en rpm y la almacena en la dirección %MD24.

En cuanto al arranque del variador, se activa el bit de la entrada %M0.0 por orden del HMI y pone en SET la salida %Q0.0 del PLC que ordena al variador cambiar su estado a “Ready”. Luego al activar el bit de la entrada %M0.1 pone en SET la salida

%Q0.1 que ordena al variador arrancar el motor de la bomba. Para desactivar las salidas %Q0.0 y %Q0.1 se activa el bit de la entrada %M0.5 por HMI que pondrá en RESET las salidas %Q0.0 y %Q0.1, lo que obligará al variador a parar su marcha.

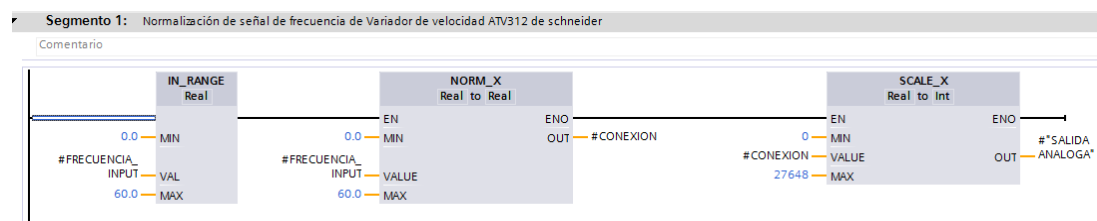


Figura 4.39 Normalización y escalamiento de la señal de Frecuencia del variador.

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

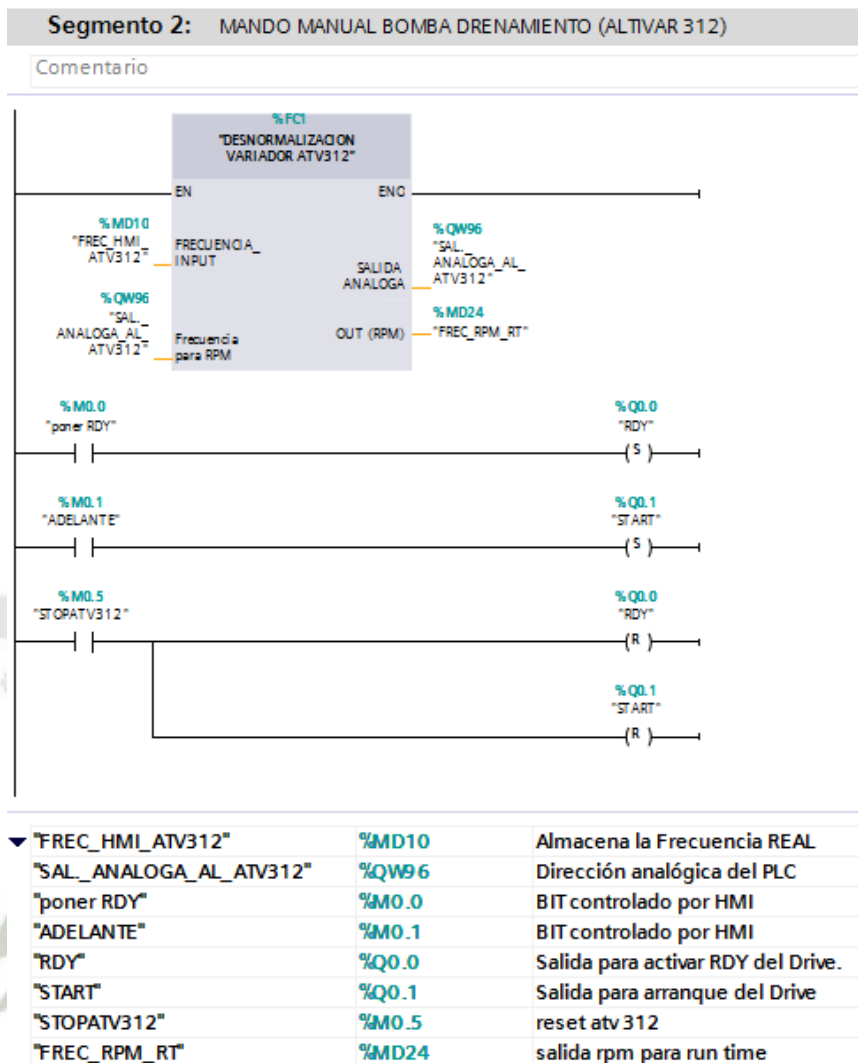


Figura 4.40 Programa para el arranque manual de variador ATV312 (bomba centrífuga de drenaje).
FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

4.3.1.3 Mando manual Bomba peristáltica componente A. (Drive Sinamics G120C Profibus DP)

En la Figura 4.41 se muestra un bloque de función %DB1 en el que se van a procesar los parámetros de arranque y estado del variador Sinamics en la red industrial de comunicación Profibus, en este bloque también está configurado el telegrama 352

que asignará el formato y la cantidad de datos de entrada y salida comunicados con el maestro de la red (PLC S7-1200).

En este segmento de programa existe una dirección de telegrama llamado “control Word” en donde se dará la orden de paro o marcha; “Set point” dará la orden de la frecuencia deseada por el usuario. Es decir si se quiere arrancar el variador los primeros pasos son los siguientes:

- Ingresar la frecuencia deseada (0-1600 rpm), este valor es ingresado por HMI o Wincc por medio de “set point” del bloque de proceso %DB1
- Activar el bit en la variable hexadecimal en la dirección “control Word”, es decir que en la palabra de control tendremos 16#047E (estado del variador “en espera” y al dar la orden de arranque por HMI o Wincc lo que hará el bloque %DB1 es activar un bit en la variable de la palabra de control, es decir se tendrá 16#047F (estado del variador “encendido”).
- Para dar paro al variador tiene que desactivarse el bit en la variable 16#047F (Estado ON), es decir que ahora tendremos 16#047E(estados OFF del variador)
- Si se quiere resetear los errores del variador debido a un paro inesperado de emergencia, tiene que activarse la entrada con la dirección %M0.6 para mover el valor 16#04FE a la palabra de control del variador.

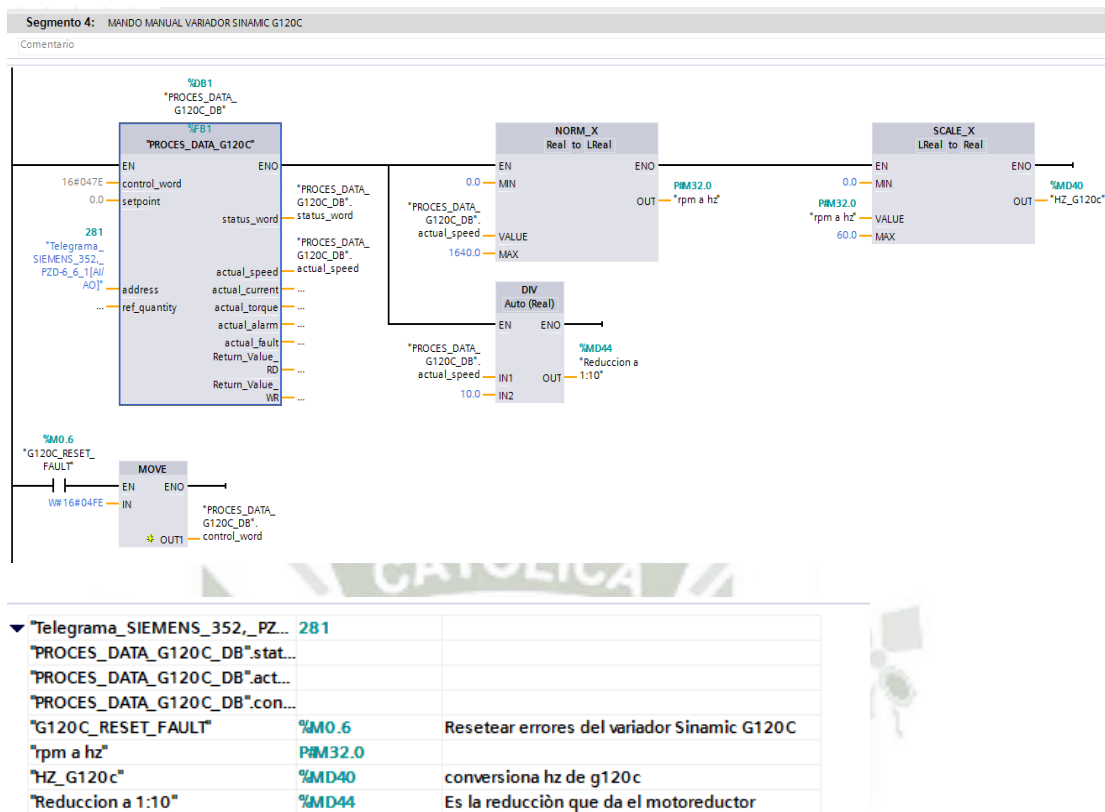


Figura 4.41 Mando Manual Variador Sinamics G120c en Profibus (Bomba peristáltica).

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

Debido a que la señal de entrada esta dado en rpm, fue necesario relizar una denormalización de la señal de entrada para poder obtener un escalamiento en Hz, esta señal es guardada en la memoria %MD40. La dirección de memoria %MD44 almacena el valor de la frecuencia en Hz con la reducción que da el motoreductor que es de 1:10.

4.3.1.4 Mando manual Bomba centrífuga componente B. (Drive Altivar 32 Profibus DP)

En la Figura 4.42 se muestra bloques que van a normalizar la señal de frecuencia al igual que los variadores anteriores. La frecuencia ingresada por un usuario con tipo de dato "Real" que se ingresa por HMI o Wincc es almacenada en la dirección %MD14,

ese dato almacenado es registrado por la dirección %QW266 que es la palabra del telegrama 100 para el variador. Sin embargo a esta señal de frecuencia escrita en el variador la necesitamos convertir a revoluciones por minuto para una lectura opcional. Esta lectura la podremos adquirir de la dirección de memoria %MD28.

Para la puesta en marcha, paro y reset de errores se sigue los siguientes pasos:

- Ingresar la frecuencia por HMI o Wincc deseada en Hz (0-60) por medio de la dirección de la palabra %QW266.
- Es necesario preparar al variador y ponerlo en estado “READY” activando la entrada %M1.6 para que el bloque “MOVE” escriba el valor 16#0006 a la palabra de control %QW264 del variador.
- Para la puesta en marcha, se activa el bit de la entrada por HMI o Wincc con dirección %M1.7, para habilitar al bloque “MOVE” que escribirá el valor de arranque (16#000F) en la palabra de control %QW264.
- Si se quiere frenar el variador se activa el bit de la entrada por HMI o Wincc con dirección %M1.6 para que active al bloque “MOVE” y se escriba el valor 16#0006 en la palabra de control %QW264 del variador.

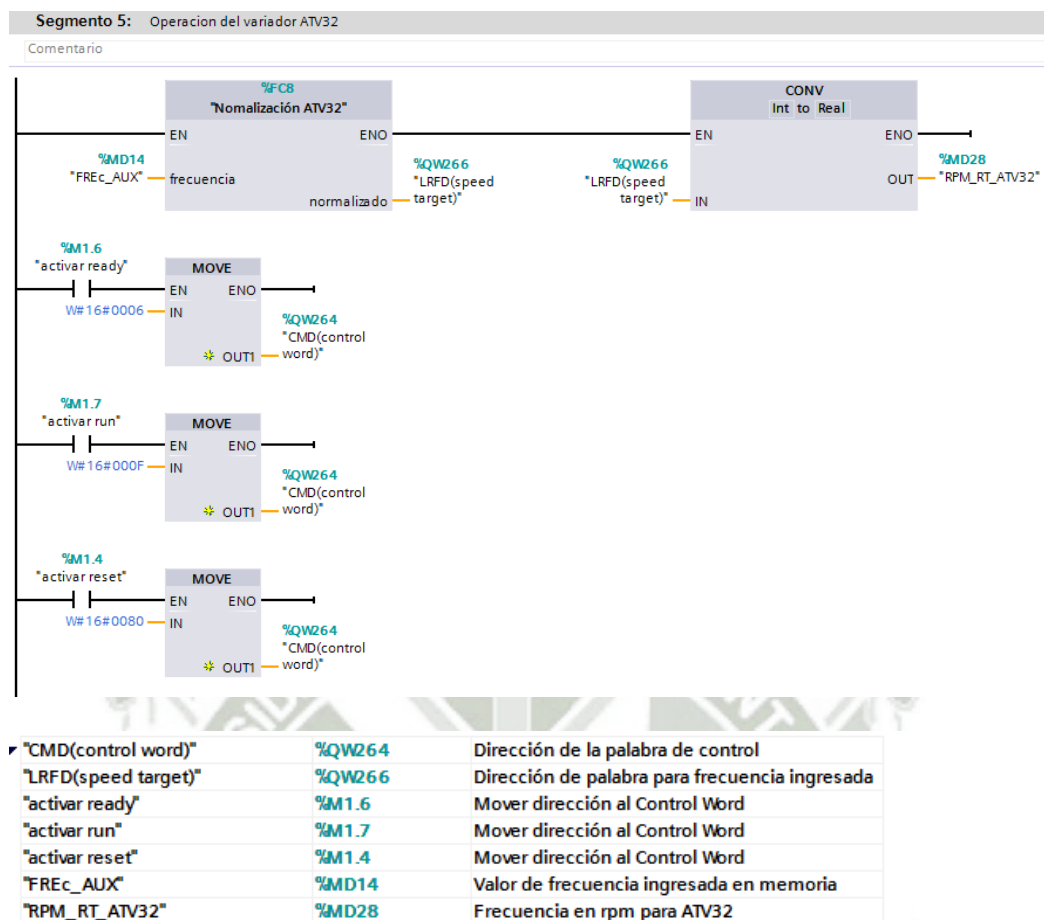


Figura 4.42 Mando manual en profibus DP de la bomba centrífuga del componente B(Variador Altivar 32)

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

4.3.1.5 Normalización del sensor ultrasónico de nivel OSISONIC

En la Figura 4.43, se ingresa la señal del sensor ultrasónico (0-10V) por la entrada %IW64 del PLC, esta señal se normaliza y se escala con los valores (0-18) mínimo y máximo. El valor resultante de acuerdo al voltaje que da el sensor se registra en la salida %MD20 en donde se podrá dar lectura y/o controlar un proceso.

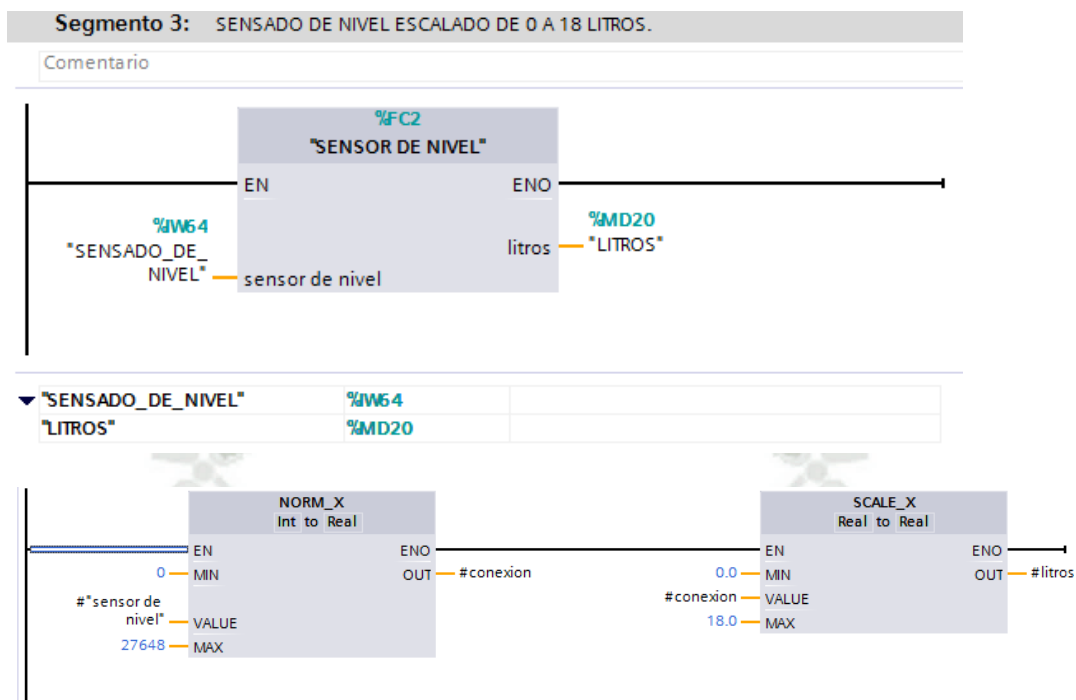


Figura 4.43 Normalización del sensor de nivel.

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

4.3.2 Sistema Automático.

El programa principal del sistema automático de dosificación de líquidos se ha dividido en 3 segmentos principales los cuales son:

- Selección del Control manual y automático del proceso.
- Enclavamiento de nivel alto y bajo.
- Secuencia ON/OFF de actuadores en proceso automático.
- Alarmas del sistema automático.

Para el proceso automático general de dosificación de líquidos; se tiene un componente A (líquido viscoso), y un elemento B (agua, disolvente, etc); ya que debido a un elevado coste del componente A, es porque se necesita dosificar en medidas exactas para evitar pérdidas en materias primas. Por otro lado el elemento B que será de bajo coste; servirá para disolver y/o causar algún tipo de reacción con el elemento B. Así poder tener un mezclado final de lo que se desee con precisión.

Se tiene un tanque TK-001(componente B) con líquido disolvente de reserva y un tanque TK-002 (componente A) con líquido viscoso que serán bombeadas mediante una bomba peristáltica de precisión (P-003) y una bomba centrífuga (P-002) respectivamente a un tanque A-003 (tanque de mezclado) en donde se realizará el mezclado correspondiente. La cantidad de mezcla resultante final entre el componente A y B serán calculados por medio de un sensor de nivel (LIC 001) situado en la parte superior del tanque de mezclado el cuál indicará si está en su nivel máximo. Cuando el producto final se encuentre en su nivel máximo, un mezclador de tipo paleta unido a un motor de 24 Vdc (M-001) actuará para el mezclado correspondiente. Una vez acabado el período de mezclado, la bomba centrífuga (P-001) actuará para drenar el producto final a un siguiente proceso.

Este Proceso se repite hasta agotarse los componentes A y B de los tanques de reserva.
Cabe recalcar que este proceso es controlado por un PLC en una red industrial Profibus/Profinet.
Profibus/Profinet.

A continuación, se describe gráficamente el proceso del sistema automático:

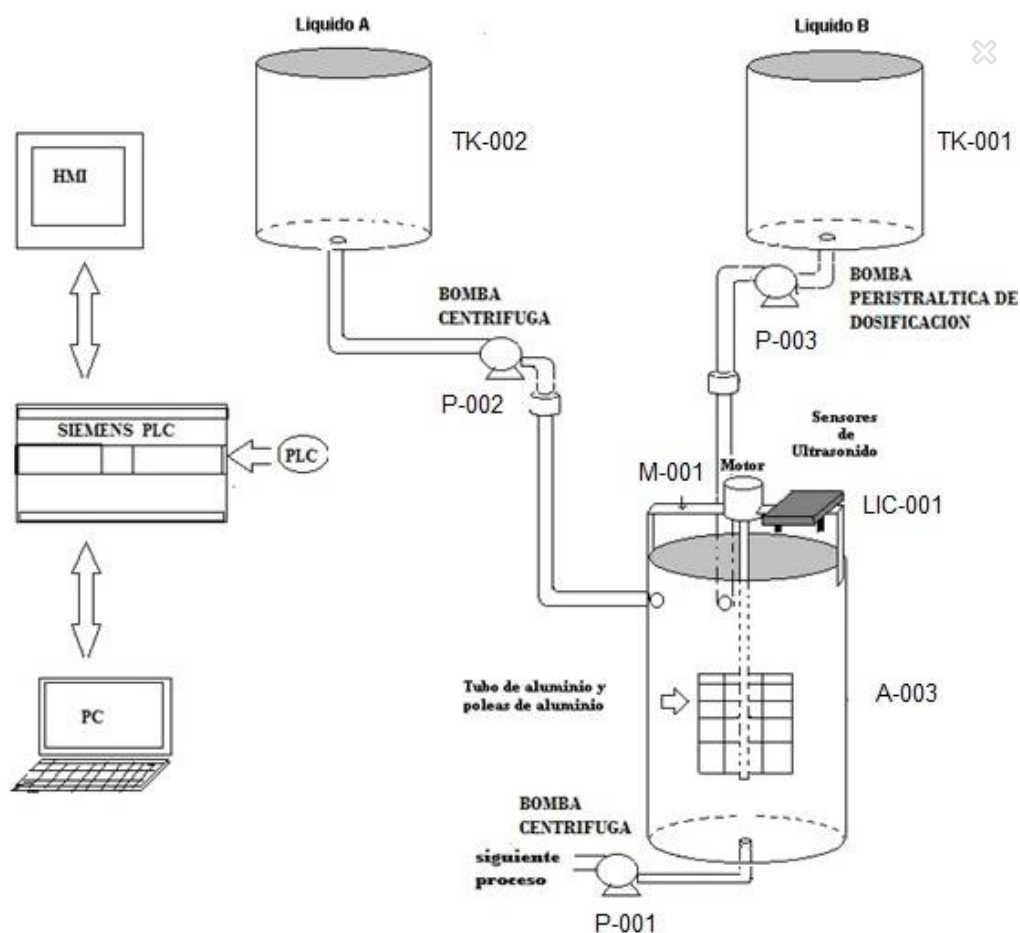


Figura 4.44 Distribución de equipos con sus respectivos TAG.

FUENTE: Elaboración propia.

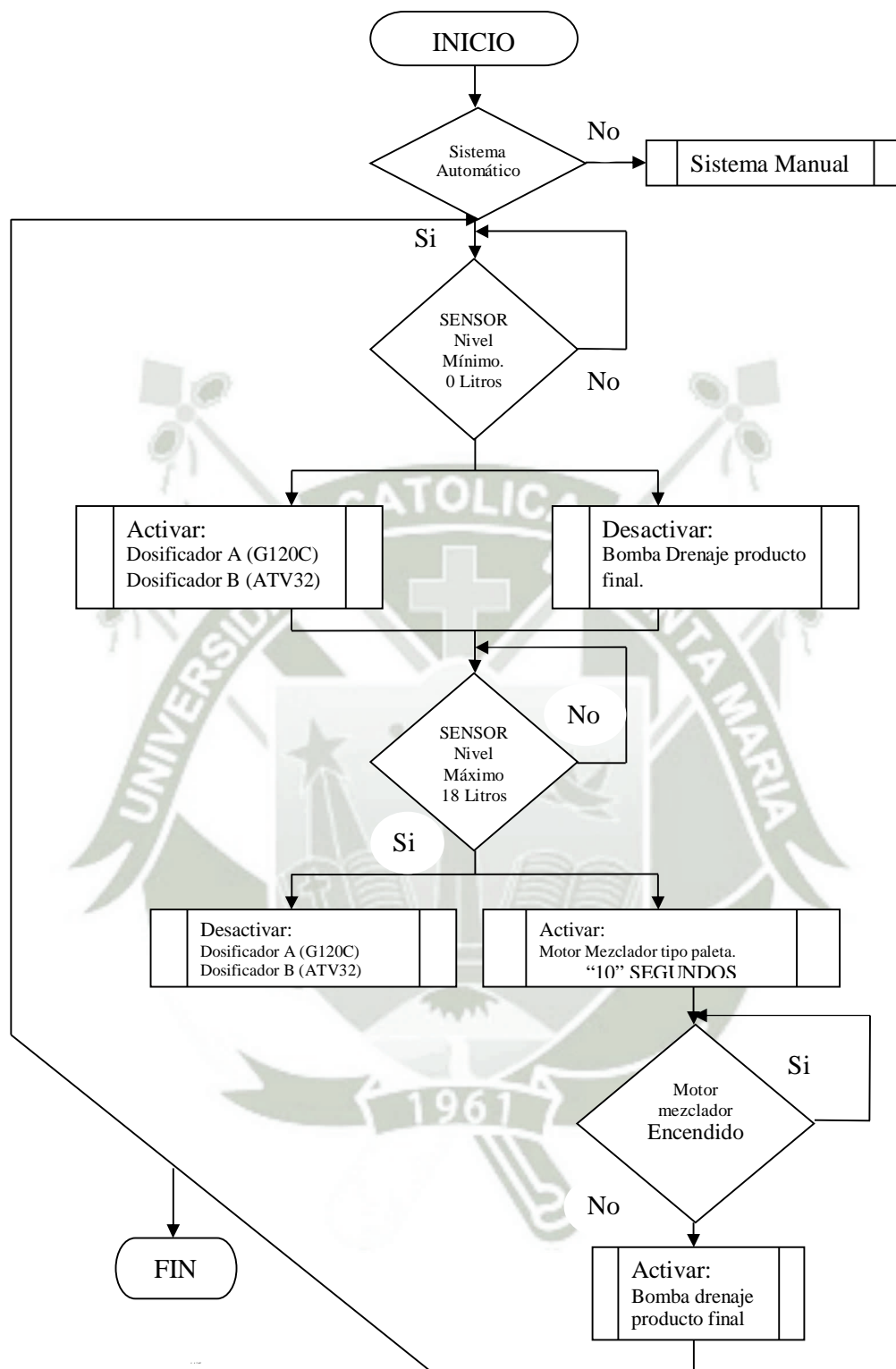


Figura 4.45 Diagrama de Flujo del sistema Automático.

FUENTE: Elaboración propia.

4.3.2.1 Selección del Control manual y automático del proceso.

Para esta parte de programación en la Figura 4.46 se observa que puede elegirse entre un control manual y un control automático del sistema. Se activa la entrada con la dirección %M2.6 por medio del programa Wincc para elegir si se quiere entre un control manual o automático. Cuando se elige el control automático, la bobina %M3.1 estaría a la espera de la activación de %M3.0 para poder realizarse el enclavamiento del sistema.

La entrada con la dirección %M2.7 es usado para una parada de emergencia programado en el sistema SCADA (Wincc). La entrada con la dirección %I0.0 es usado para una parada de emergencia física en el sistema piloto.

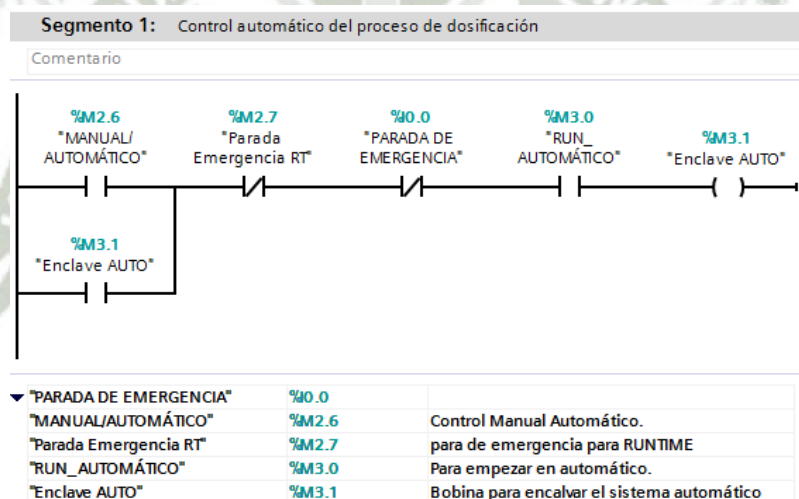


Figura 4.46 Enclavamiento del sistema automático del sistema piloto.

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

4.3.2.2 Enclavamiento de nivel alto y bajo.

La salida %M2.0 y el temporizador %DB7 reciben un pulso por el comparador "IN_RANGE"; %M2.0 se enclava cuando la señal del sensor de nivel (%MD20) este marcando entre 0 y 0.5 litros, mientras que el temporizador %DB7 se usará para el desenclave automático del nivel bajo.

La salida %M2.1 y el temporizador %DB2 reciben un pulso por el comparador “IN_RANGE”; %M2.1 se enclava cuando la señal del sensor de nivel (%MD20) este marcando entre 17.5 y 18 litros, mientras que el temporizador %DB2 se usará para el desenclave automático del nivel alto.

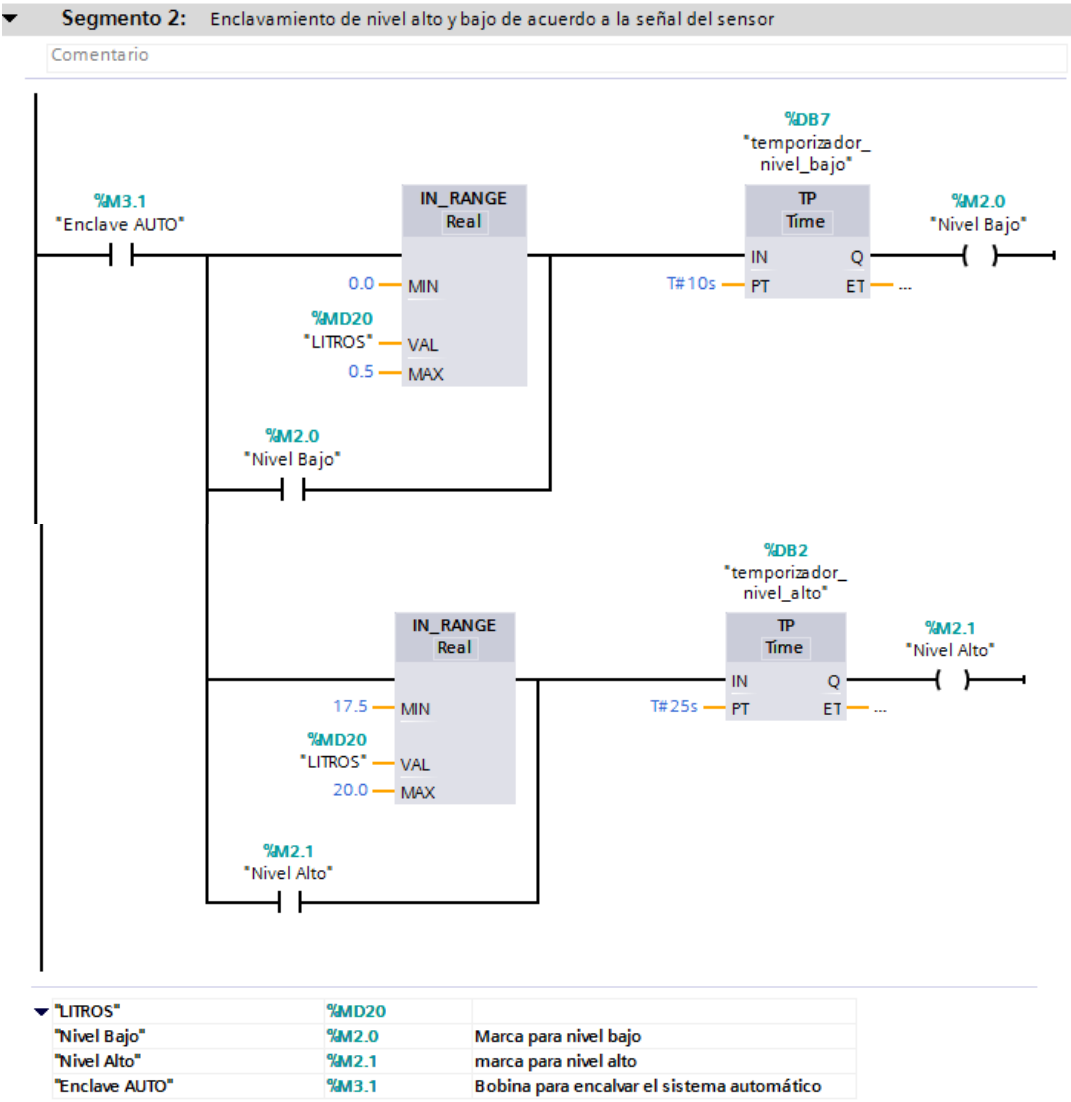


Figura 4.47 Enclavamiento de niveles alto y bajo de acuerdo a la señal de sensor (escalado en litros).
FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

4.3.2.3 Secuencia ON/OFF de actuadores en proceso automático.

Una vez enclavado el segmento de nivel bajo, en la figura sdf, las palabras de control %QW264, Proces_DATA_G120C_DB reciben los valores de arranque 16#000F y 16#047F por medio del bloque “MOVE”(Arranque de la bomba persitáltica y bomba centrífuga). Por otro lado las salidas %Q0.0 y %Q0.1 (bomba centrífuga-drenamiento de producto final) estaran en un estado de RESET.

El temporizador %DB8 actuará como un pulsador automático ya que solo se necesita de un pulso para desactivar y/o activar las palabras de control y las salidas de tipo bool.

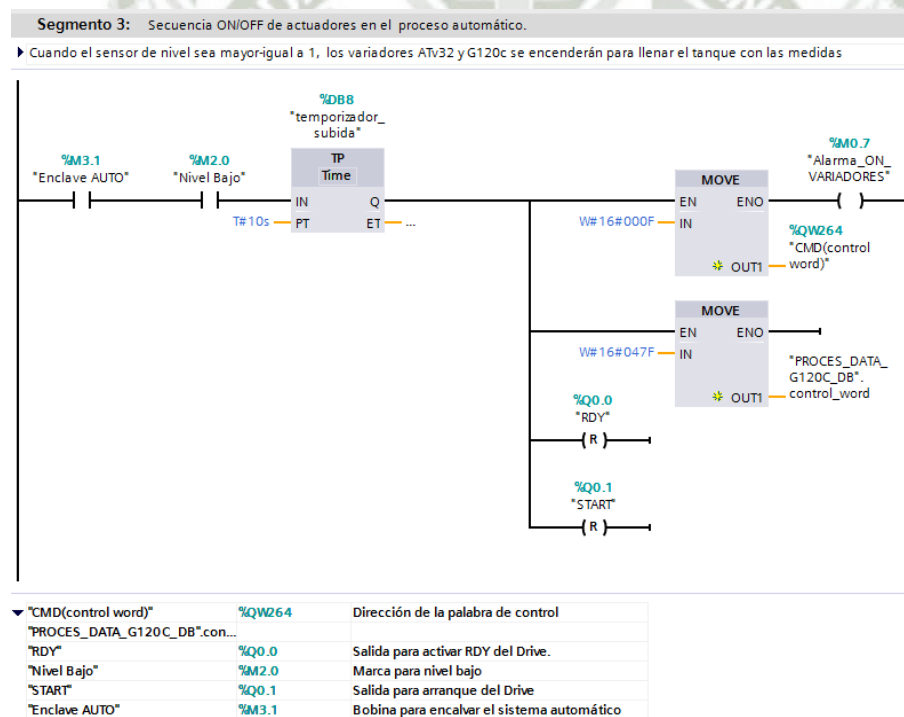
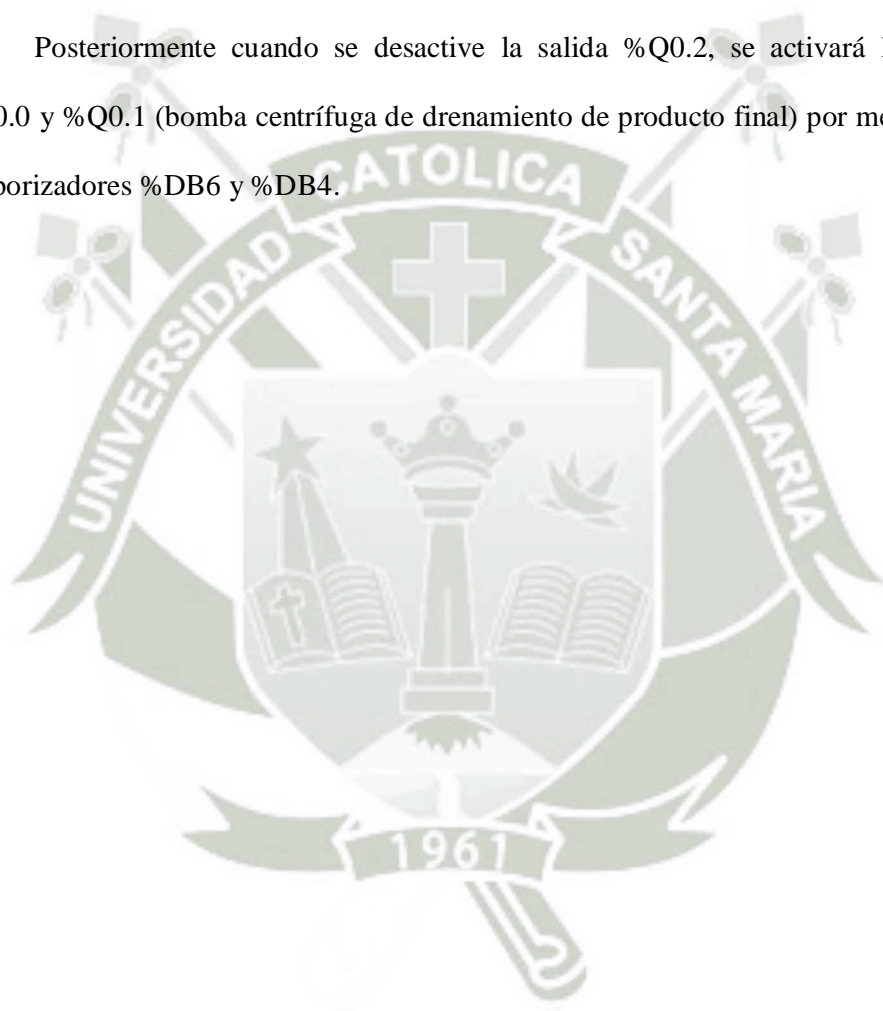


Figura 4.48 Control del arranque de bombas (peristáltica y centrífuga).

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

Una vez enclavado el nivel alto, se activan los bloques "MOVE" con los valores 16#0006 y 16#047E (Valores de paro) para escribir en las palabras de control %QW264 y Proces_data_G120C_DB, es decir las bombas con los componentes B y A (persitáltica y centrífuga) son frenados. A su vez, la salida con la dirección %Q0.2 (Motor mezclador) se activa con un período de 10 segundos dando inicio al mezclado del producto concentrado.

Posteriormente cuando se desactive la salida %Q0.2, se activará las salidas %Q0.0 y %Q0.1 (bomba centrífuga de drenamiento de producto final) por medio de los temporizadores %DB6 y %DB4.



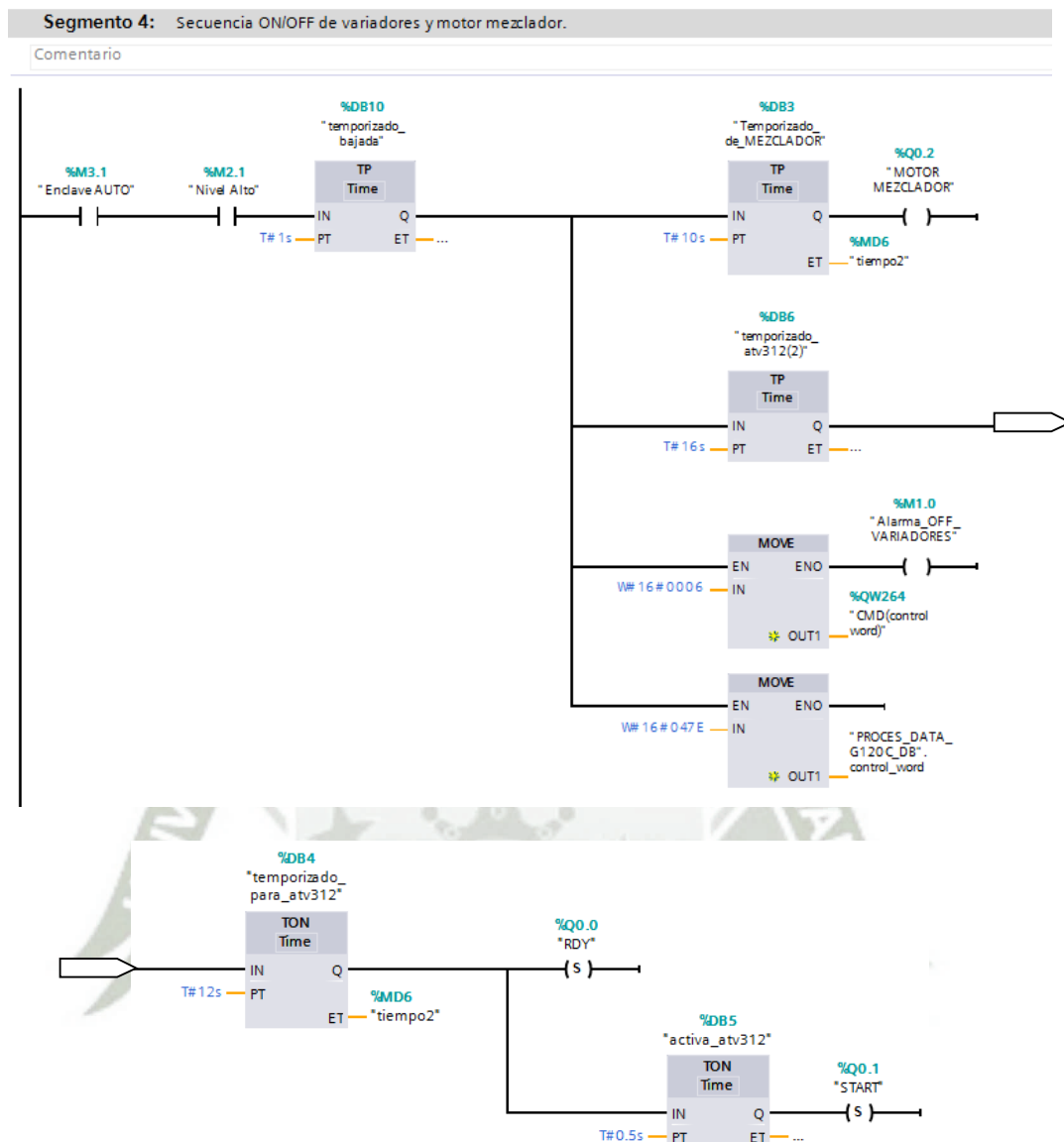


Figura 4.49 Control secuencial de bombas y motor mezclador.

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

4.3.2.4 Alarmas del sistema automático.

- Alarmas de nivel alto y bajo:

En la Figura asdf las salidas %M2.3 o %M2.4 se activarán cuando los comparadores muestren los valores mínimo (%MD20 entre 0 y 7litros) o máximo (%MD20 entre 17 y 20 litros) en el nivel del tanque de mezclado. Por otro lado la

salida %M2.5 (alarma “en rango”)se activará cuando %M2.3 y %2.4 estén deshabilitadas.

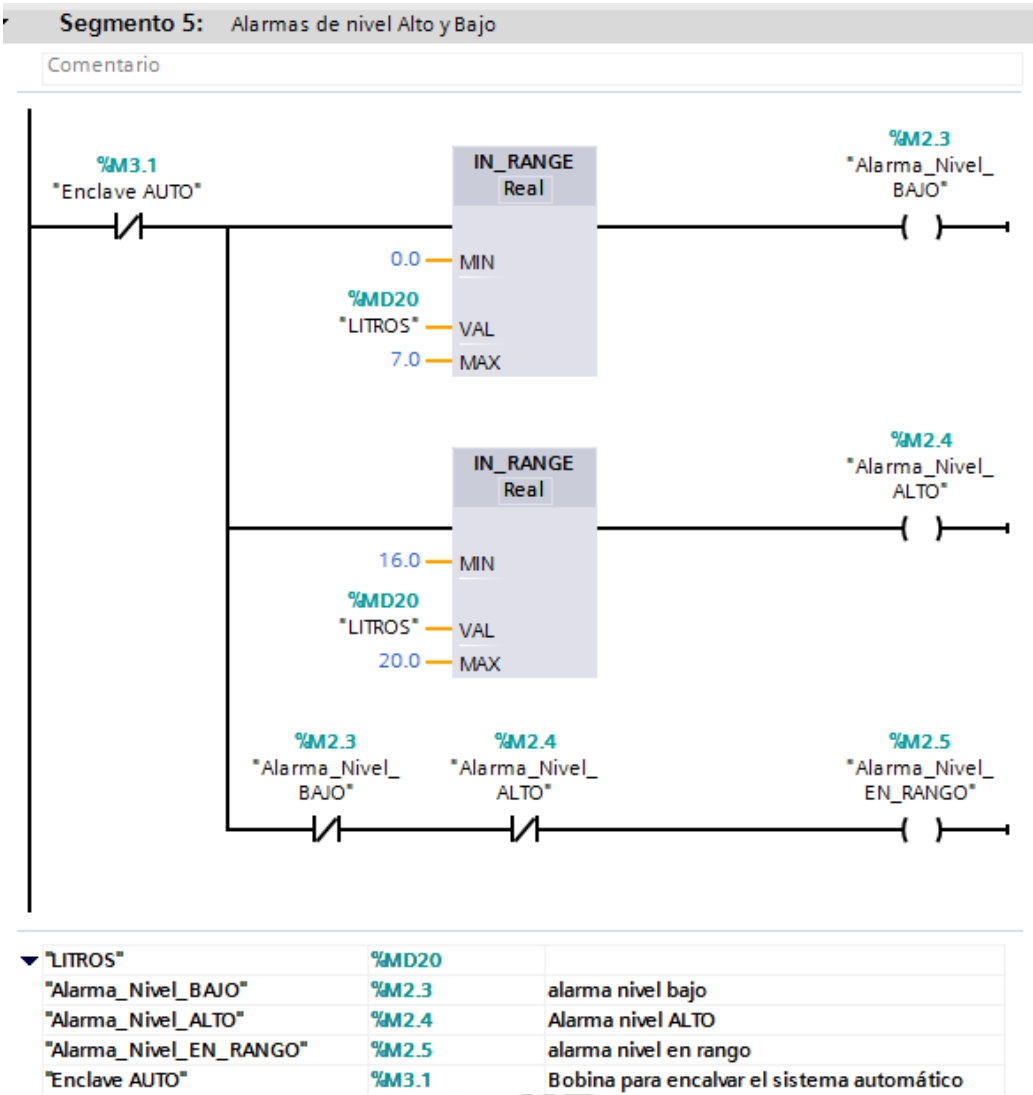


Figura 4.50 Alarmas de nivel alto y bajo en el tanque de mezclado.
FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

- Alarma Parada de emergencia.

La salida con la dirección %M0.4(alarma de paro de emergencia) se activa cuando la entradas %M2.7 o %I0.0 son habilitadas. La entrada %M0.4 habilita los valores de “Paro” de las bombas.

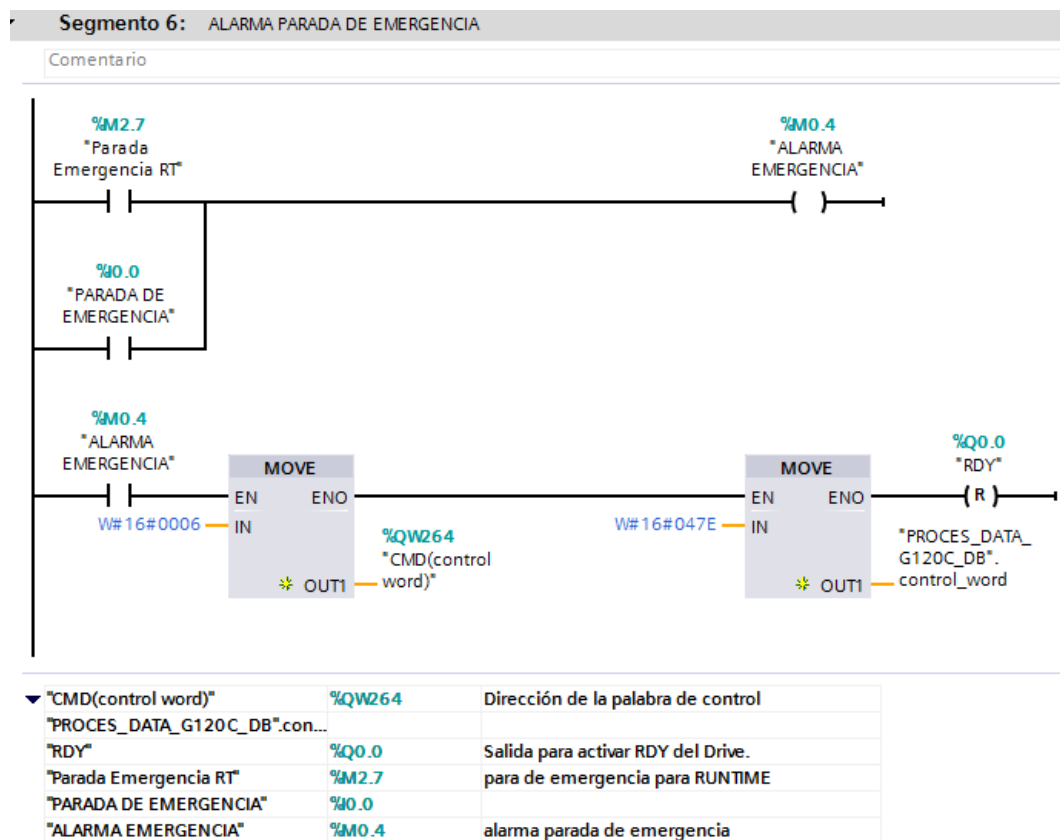


Figura 4.51 Parada de emergencia del sistema piloto y sus alarmas.

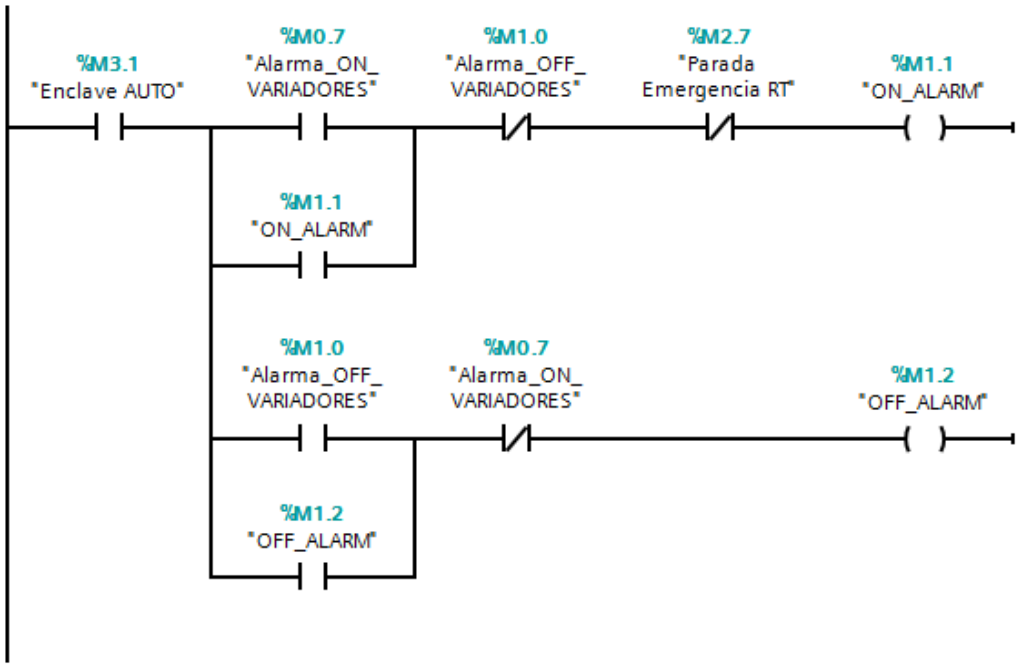
FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

- Alarma de encendido y apagado de variadores de velocidad en Wincc.

La salida %M1.1 (alarma “ON” de las bombas persistáltica y centrífuga) se activa y enclava cuando la entrada %M0.7 es habilitada, por otro lado la salida %M1.2 (alarma “OFF de las bombas peristáltica y centrífuga) se activa cuando la entrada %M1.0 es habilitada.

Segmento 7: ALARMAS DE ENCENDIDO Y APAGADO DE EQUIPOS (ATV32, ATV312, G120c, Mezclador)

Comentario



▼ "Parada Emergencia RT"	%M2.7	para de emergencia para RUNTIME
"Alarma_ON_VARIADORES"	%M0.7	Alarma encendido de los variadores ATV32 y G...
"Alarma_OFF_VARIADORES"	%M1.0	Alarma apagado de variadores
"ON_ALARM"	%M1.1	ON ALARM
"OFF_ALARM"	%M1.2	OFF ALARM
"Enclave AUTO"	%M3.1	Bobina para encalvar el sistema automático

Figura 4.52 Parada de emergencia del sistema piloto y sus alarmas.
FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

4.3.2.5 Variables PLC.

Tabla 4.22 Variables Plc del sistema pilto usadas.

Variables PLC				
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección
1	poner RDY	ATV312HU15M2	Bool	%M0.0
2	RDY	ATV312HU15M2	Bool	%Q0.0
3	SAL_ANALOGA_AL_ATV312	ATV312HU15M2	Word	%QW96
4	FREC_HMI_ATV312	ATV312HU15M2	Real	%MD10
5	START	ATV312HU15M2	Bool	%Q0.1
6	ADELANTE	ATV312HU15M2	Bool	%M0.1
7	MOTOR MEZCLADOR	Mezclador y sensor ...	Bool	%Q0.2
8	ETA(status word)	ATV32	Word	%IW264
9	RFRD(Output speed)	ATV32	Word	%IW266
10	CMD(control word)	ATV32	Word	%QW264
11	LRFD(speed target)	ATV32	Word	%QW266
12	SENSADO_DE_NIVEL	Mezclador y sensor ...	Word	%IW64
13	LITROS	Mezclador y sensor ...	Real	%MD20
14	Motor mezclador on	Mezclador y sensor ...	Bool	%M0.2
15	Motor mezclador off	Mezclador y sensor ...	Bool	%M0.3
16	FREC_HMI_atv32	ATV32	Real	%MD2
17	activar ready	ATV32	Bool	%M1.6
18	activar run	ATV32	Bool	%M1.7
19	activar reset	ATV32	Bool	%M1.4
20	tiempo2	ATV312HU15M2	Time	%MD6
21	PARADA DE EMERGENCIA	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0
22	Nivel Bajo	Modo Automático	Bool	%M2.0
23	Nivel Alto	Modo Automático	Bool	%M2.1
24	Alarma_Nivel_BAJO	Modo Automático	Bool	%M2.3
25	Alarma_Nivel_ALTO	Modo Automático	Bool	%M2.4
26	Alarma_Nivel_EN_RANGO	Modo Automático	Bool	%M2.5
27	MANUAL/AUTOMÁTICO	Modo Automático	Bool	%M2.6
28	Parada Emergencia RT	Modo Automático	Bool	%M2.7
29	RUN_AUTOMÁTICO	Modo Automático	Bool	%M3.0
30	Enclave AUTO	Modo Automático	Bool	%M3.1
31	G120C_RESET_FAULT	Tabla de variables e..	Bool	%M0.6
32	FREC_AUX	ATV32	Real	%MD14
33	Tag_1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4
34	ALARMA EMERGENCIA	Tabla de variables e..	Bool	%M0.4
35	STOPATV312	ATV312HU15M2	Bool	%M0.5
36	Motor MANUAL	Tabla de variables están.	Bool	%Q0.3
37	Alarma_ON_VARIADORES	Tabla de variables están.	Bool	%M0.7
38	Alarma_OFF_VARIADORES	Tabla de variables están.	Bool	%M1.0
39	ON_ALARM	Tabla de variables están.	Bool	%M1.1
40	OFF_ALARM	Tabla de variables están.	Bool	%M1.2
41	FREC_RPM_RT	ATV312HU15M2	Real	%MD24
42	RPM_RT_ATV32	ATV32	Real	%MD28
43	rpm a hz	Tabla de variables están.	LReal	%M32.0
44	HZ_G120c	Tabla de variables están.	Real	%MD40
45	Reduccion a 1:10	Tabla de variables están.	Real	%MD44

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

4.4 Interfaz desarrollada en HMI KTP400 SIEMENS.

Se realizaron 5 pantallas para el control manual del sistema piloto de dosificación de líquidos que son:

4.4.1 Pantalla Carátula.

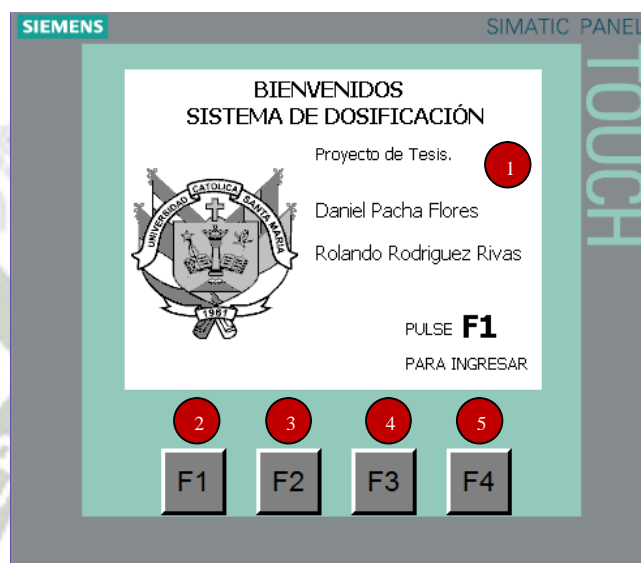


Figura 4.53 Pantalla "Carátula"

FUENTE: Elaboración propia de pantallas en TIA portal V.12.

Tabla 4.23 Especificación de botones físicos del HMI.

1	Pantalla de inicio (Carátula sistema de dosificación)
2	Botón físico F1: Ir a la pantalla "Bomba centrífuga dreña miento" (Drive ATV 312).
3	Botón físico F2: Ir a la pantalla "Bomba peristáltica dosificación Componente B" (Drive Sinamics G120C).
4	Botón físico F3: Ir a la pantalla "motor-mezclador" (Motor 24 Vdc)
5	Botón físico F4: Ir a la pantalla "Bomba centrífuga Componente B" (Drive ATV32)

FUENTE: Elaboración Propia

4.4.2 Pantalla Bomba centrífuga (Drive ATV 32).



Figura 4.54 Pantalla "control del variador altivar 32"(Bombeo de Agua)

FUENTE: Elaboración propia de pantallas en TIA portal V.12

Tabla 4.24 Especificación de botones y campos I/O "Pantalla Bomba centrífuga."

1	Campo E/S para ingreso de la frecuencia real al variador de velocidad.
2	Botón para dar inicio al arranque del variador de velocidad.
3	Pulsador para poner en estado "Listo" al variador de velocidad.
4	Pulsador para detener la marcha el variador de velocidad.
5	Botón de retorno a una pantalla anterior.
6	Botón "Home", para ir a la pantalla principal del HMI.

FUENTE: Elaboración Propia

4.4.3 Pantalla Bomba peristáltica (Drive Sinamics G120C).

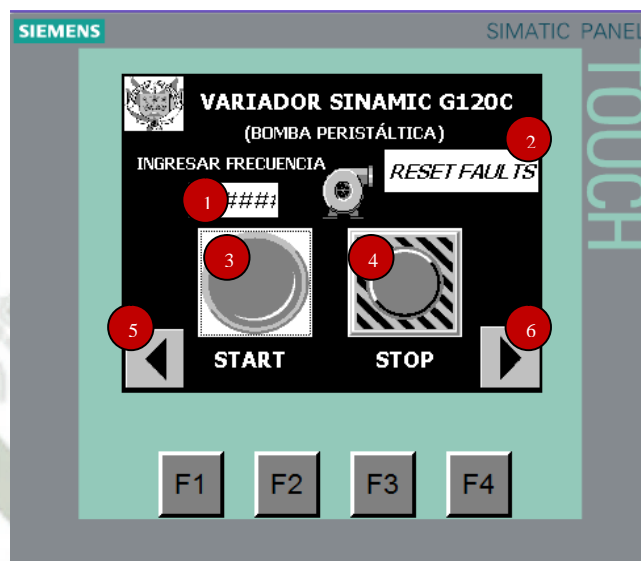


Figura 4.55 Pantalla “Control del variador Sinamic G120C”

FUENTE: Elaboración propia de pantallas en TIA portal V.12

Tabla 4.25 Especificación de botones y campos I/O-Pantalla variador sinamics G120C.

1	Campo E/S para ingreso de la frecuencia real al variador de velocidad.
2	Botón para resetear errores en el variador de velocidad.
3	Botón para dar inicio al arranque del variador de velocidad.
4	Pulsador para detener la marcha el variador de velocidad.
5	Botón de retorno a una pantalla anterior.
6	Botón de avance a una pantalla siguiente.

FUENTE: Elaboración Propia

4.4.4 Pantalla Bomba centrífuga drenamiento (Drive ATV 312).



Figura 4.56 Pantalla Control del variador Altivar 312.

FUENTE: Elaboración propia de pantallas en TIA portal V.12

Tabla 4.26 Especificación de botones y campos I/O-Pantalla variador Altivar 312.

1	Campo E/S para ingreso de la frecuencia real al variador de velocidad.
2	Botón para dar inicio al arranque del variador de velocidad.
3	Pulsador para poner en estado “Listo” al variador de velocidad.
4	Pulsador para detener la marcha el variador de velocidad.
5	Botón de avance a una pantalla siguiente.

FUENTE: Elaboración Propia

4.4.5 Pantalla Mezclador (Motor 24Vdc)

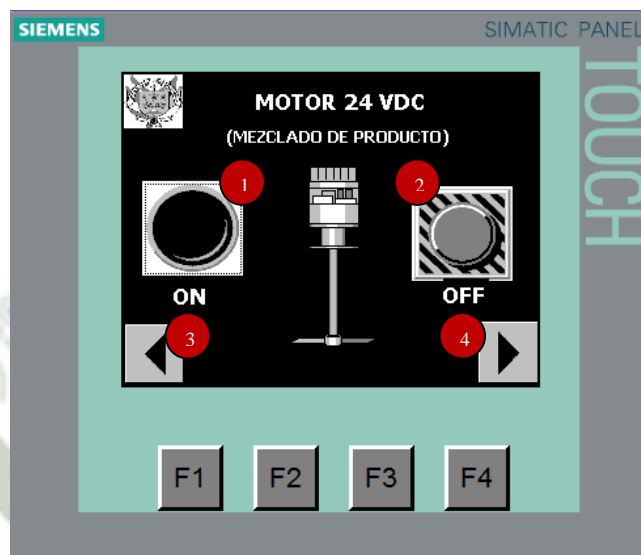


Figura 4.57 Pantalla Control del Motor de 24 Vdc.

FUENTE: Elaboración propia de pantallas en TIA portal V.12

Tabla 4.27 Especificación de botones y campos I/O-Pantalla Motor 24 Vdc.

1	Pulsador para dar inicio al arranque del motor-mezclador
2	Pulsador para detener la marcha del motor-mezclador
3	Botón de retorno a una pantalla anterior.
4	Botón de avance a una pantalla siguiente.

FUENTE: Elaboración Propia

4.5 WinCC RunTime Advanced.

WinCC RunTime (TIA Portal) es un software de ingeniería para configurar SIMATIC PC industriales, SIMATIC Panels y Standard PC con el software de supervisión WinCC Runtime Advanced o el sistema SCADA WinCC Runtime Professional.

WinCC (TIA Portal) está disponible en cuatro ediciones distintas en función de los sistemas de operador configurables:

- WinCC Basic se incluye siempre en las ediciones STEP 7 Basic y STEP 7 Professional.
- WinCC Comfort para la configuración todos los Panels (incluidos los Comfort Panels, Mobile Panels)
- WinCC Advanced para la configuración de todos los Panels y PCs con el software de visualización WinCC Runtime Advanced.

WinCC Runtime Advanced es un software de visualización para sistemas basados en PC. WinCC Runtime Advanced se encuentra totalmente disponible con licencias para PowerTags (variables con conexión al proceso) de 128, 512, 2k, 4k y 8k.

WinCC (TIA Portal) permite también configurar así mismo SINUMERIK PC con WinCC Runtime Advanced o bien WinCC Runtime Professional y paneles de operador con SINUMERIK HMI Pro RT o SINUMERIK Operate WinCC RT Basic.

4.5.1 Opciones para sistemas de ingeniería y runtime WinCC.

Los SIMATIC Panels, así como WinCC Runtime Advanced y WinCC Runtime Professional abarcan la mayoría de las funciones esenciales para el manejo y

visualización y supervisión de máquinas e instalaciones. Para ampliar el ámbito de tareas, las funciones se pueden complementar en parte con opciones adicionales.

4.5.2 Opciones para WinCC Runtime Advanced.

Para WinCC Runtime Advanced existen las siguientes posibilidades de ampliación:

- WinCC SmartServer (manejo remoto)
- WinCC Recipes (sistema de recetas)
- WinCC Logging (archivación de valores de proceso y avisos)
- WinCC Audit (Audit Trail para aplicaciones reguladas)
- WinCC ControlDevelopment (ampliación mediante controles específicos del cliente)

4.6 Interfaz desarrollada en Wincc RunTime Advanced.

Se cuenta con 3 pantallas de visualización para la interfaz de supervisión (WINCC runtime Advanced) para el sistema Manual/automático del sistema piloto de dosificación:

- Pantalla de bienvenida.

4.6.1 Pantalla de bienvenida SCADA (Wincc Runtime)

En la Figura 4.58 el operador de este sistema podrá enterarse de la especificación de esta parte de proceso (sistema de dosificación), como nombre de los desarrolladores y nombre de la institución educativa.



Figura 4.58 Pantalla de bienvenida del sistema SCADA en Wincc RT. Advanced.

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 4.28 Especificación de la pantalla de bienvenida del sistema SCADA.

1	Vista General de la pantalla de bienvenida el sistema SCADA
2	Botón para ingresar a la pantalla principal del proceso de dosificación.

FUENTE: Propia.

4.6.2 Pantalla principal del proceso automático SCADA (Wincc Runtime)

En la figura 4.59 el operador del este sistema podrá obtener el control total de toda esta parte de proceso, como el arranque de los actuadores, control de “set point” y inicialización del sistema automático.

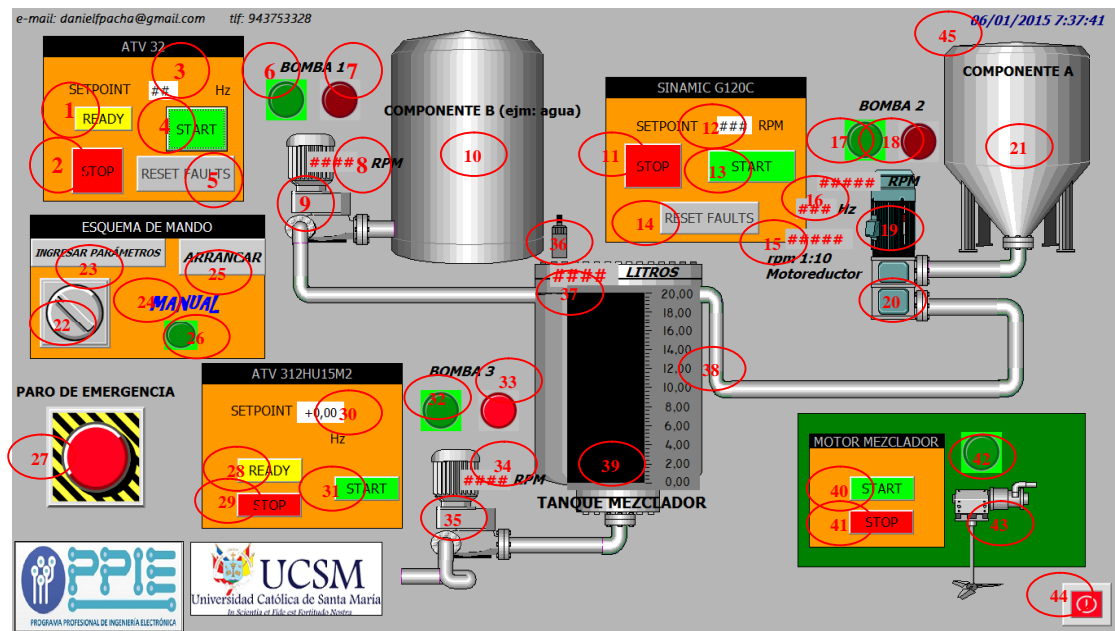


Figura 4.59 Pantalla de proceso principal del sistema piloto en Wincc RT Advanced.

FUENTE: Pantallas elaboradas en TIA portal V.12 por Daniel F. Pacha

Tabla 4.29 Especificación detallada del Sistema SCADA en Wincc RT

1	Botón para poner en estado “Listo” al variador ATV32.
2	Botón para detener la marcha el variador ATV32.
3	E/S para ingreso de Frecuencia real al variador ATV32.
4	Botón para dar inicio al arranque del variador ATV32.
5	Botón de reset de estado fallido del variador ATV32.
6	Lámpara de estado encendido del variador ATV32
7	Lámpara de estado apagado del variador ATV32
8	E/S para visualizar el estado de la Frecuencia en tiempo real del variador

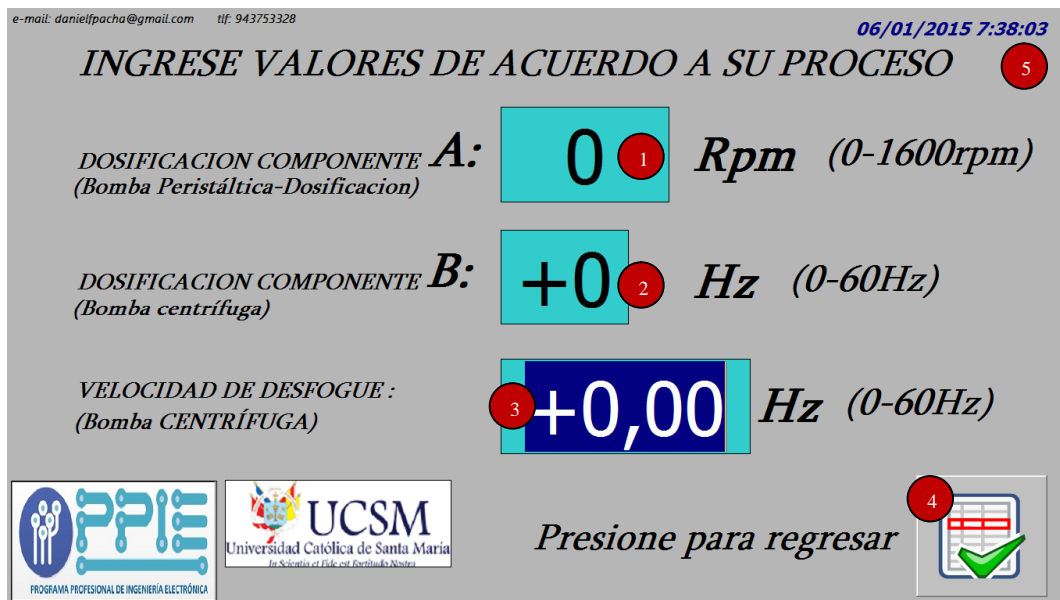
	ATV32.
9	Bomba centrífuga Componente B.
10	Tanque contenedor de Componente B.
11	Botón para detener la marcha el variador SINAMICS G120C.
12	E/S para ingreso de Frecuencia real al variador SINAMICS G120C.
13	Botón para dar inicio al arranque del variador SINAMICS G120C.
14	Botón de reset de estado fallido del variador SINAMICS G120C.
15	E/S para visualizar el estado de la Frecuencia en tiempo real con reducción 1:10
16	E/S para visualizar el estado de la Frecuencia en tiempo real del variador SINAMICS G120C (rpm y hz)
17	Lámpara de estado encendido del variador SINAMICS G120C.
18	Lámpara de estado apagado del variador SINAMICS G120C.
19	Bomba centrífuga Componente A.
20	Motor-Reductor de velocidad 1:10
21	Tanque contenedor de Componente A.
22	Selector Automático/Manual del sistema piloto de dosificación.
23	Botón de cambio de pantalla para ingreso de datos de proceso.
24	Visualizador Automático/Manual del sistema.
25	Botón para el arranque del sistema automático y del proceso de dosificación del sistema.
26	Lámpara indicador de estado encendido/Apagado.
26	Pulsador de emergencia de todo el sistema piloto en Runtime.

28	Botón para poner en estado “Listo” al variador ATV312.
29	Botón para detener la marcha el variador ATV312.
30	E/S para ingreso de Frecuencia real al variador ATV312.
31	Botón para dar inicio al arranque del variador ATV312.
32	Lámpara de estado encendido del variador ATV312
33	Lámpara de estado apagado del variador ATV312
34	E/S para visualizar el estado de la Frecuencia en tiempo real del variador ATV312.
35	Bomba centrífuga de drenamiento producto final de mezclado.
36	Sensor de nivel ultrasónico.
37	E/S para visualizar el estado de la señal analógica (Litros) del sensor de nivel en tiempo real.
38	Escalado del tanque de mezclado (0-20 Litros).
39	Tanque Contenedor del producto final Dosificado.
40	Botón para dar inicio al arranque del motor-mezclador
41	Botón para detener la marcha del motor-mezclador
42	Lámpara de estado encendido del motor-mezclador
43	Motor-mezclador de tipo paleta (24 Vdc)
44	Botón para salir del sistema SCADA
45	Campo de Fecha y Hora del sistema.

FUENTE: Elaboración propia.

4.6.3 Pantalla de “ingreso de parámetros” SCADA (Wincc Runtime)

En la figura 4.60 el operador de este sistema podrá elegir el set point de frecuencias para los actuadores.



e-mail: danielfpacha@gmail.com tlf: 943753328

06/01/2015 7:38:03

INGRESE VALORES DE ACUERDO A SU PROCESO

DOSIFICACION COMPONENTE A: **0** **Rpm (0-1600rpm)**

(Bomba Peristáltica-Dosificacion)

DOSIFICACION COMPONENTE B: **+0** **Hz (0-60Hz)**

(Bomba centrífuga)

VELOCIDAD DE DESFOGUE : **+0,00** **Hz (0-60Hz)**

(Bomba CENTRÍFUGA)

Presione para regresar

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

UCSM
Universidad Católica de Santa María
In Scientia et Fide est Fortitudo Nostre

Figura 4.60 Pantalla de ingreso de parámetros del sistema piloto en Wincc RT. Advanced.

FUENTE: Pantallas elaboradas en TIA portal V.12 por Daniel F. Pacha

Tabla 4.30 Especificación detallada de la pantalla de “ingreso de parámetros” del sistema dosificador.

1	E/S para ingreso de Frecuencia real del componente A en Rpm.
2	E/S para ingreso de Frecuencia real del componente B en Hz
3	E/S para ingreso de Frecuencia real de la bomba de drenamiento en Hz.
4	Botón para regresar a la pantalla del sistema principal de proceso dosificador.
5	Campo de Hora y Fecha del sistema.



CAPITULO 5

5 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DESARROLLADO.

5.1 Pruebas eléctricas.

En el sistema piloto de control existe una estructura en donde se encuentra la acometida de todas las conexiones eléctricas del módulo, tanto para el sensor, actuadores, borneras, PLC, HMI, Mezclador en donde se realizó una comprobación de conexiones eléctricas y verificación de los voltajes adecuados para cada uno de los equipos utilizados, de modo que no existan cortos circuitos o daños por sobre voltaje o corriente en los controladores o instrumentos, así evitar daños para las personas que se encuentren manipulando el equipo.

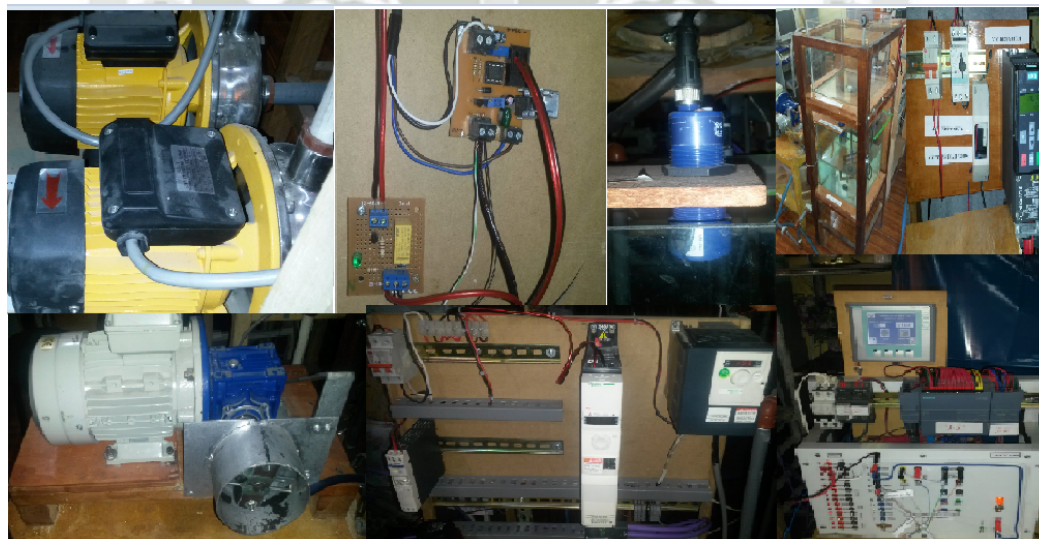


Figura 5.1 Comprobación eléctrica del sistema piloto.

FUENTE:Elaboración Propia.

5.2 Pruebas del hardware.

Las pruebas de hardware se fueron realizando a medida que se fue instalando y configurando los controladores, Así se puede deducir que todo va funcionando correctamente, y en caso de existir algún error, se corrige sobre el recorrido. Es de importancia escalar apropiadamente los sensores, ya que de su correcto escalamiento

depende el buen funcionamiento del sistema. Otro punto sumamente importante es saber las condiciones de funcionamiento de cada dispositivo y que dichas condiciones se ajusten a los requerimientos planteados.

5.2.1 Prueba del acondicionamiento del sensor de nivel ultrasónico.

Lo primero que se hizo fue probar el acondicionamiento del sensor de nivel ultrasónico, y se hizo colocando el instrumento en la parte superior de un tanque para luego calibrarlo a la escala del tanque.

La prueba que se le hizo una vez calibrado fue escalarlo físicamente mediante un multímetro.

Tabla 5.1 Escalado de la señal del sensor en litros.

Litros	Voltaje del sensor(V)
0	0.06
2	1.13
4	2.45
8	3.89
10	5.05
12	6.14
14	7.44
16	8.79
18	9.95

FUENTE: Elaboración Propia.



Figura 5.2 Escalamiento físico del sensor de nivel.

FUENTE: Elaboración Propia.

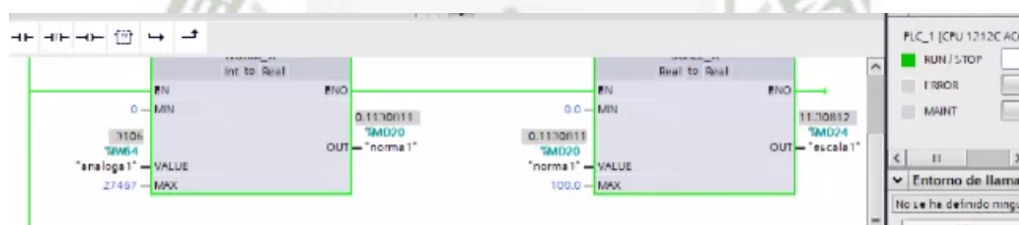


Figura 5.3 Prueba del sensor de nivel en modo online.

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

5.2.2 Prueba de Variadores de velocidad.

Se tiene 3 variadores de velocidad el cual están controlados por un HMI, para la prueba de ellos solo se le dio la orden de arranque ingresando antes una frecuencia deseada para inicialización de su operación.



Figura 5.4 Prueba de Variadores.

FUENTE: Elaboración Propia.

5.2.3 Prueba del pulsador de emergencia físico.

Se realizaron las pruebas con el pulsador de emergencia, la salida con la dirección %I0.0 funcionó correctamente y frenó todo el sistema.



Figura 5.5 Prueba del pulsador de emergencia.

FUENTE: Elaboración Propia.

5.2.4 Pruebas de dosificación (bomba peristáltica y bombas centrífugas)

Para la prueba de dosificación del “componente A” (Bomba peristáltica) se utilizó una probeta milimetrada y se calculó la dosificación; en distintas frecuencias, del líquido del componente A en un periodo de 60 segundos, el resultado se muestra en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2 Dosificación de líquido “componente A”, bomba peristáltica en mililitros/minutos.

SET POINT SINAMICS G 120 (rpm)	ml/min
600	500
700	580
800	610
900	690
1000	750
1100	800
1200	850
1300	930
1400	980
1450	1000
1500	1025
1600	1130

FUENTE: Elaboración propia.

La prueba de la dosificación del “componente B” (Bomba centrífuga) se realizó en el mismo tanque de mezclado, ya que esta bomba dosifica cantidades superiores en comparación de la bomba peristáltica. Aquí también se probó en distintas frecuencias y el resultado se ve en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3 Dosificación de líquido "componente B"- bomba centrífuga en Litros/minuto.

SET POINT ALTIVAR 32 [Hz]	L/min
5	3.5
10	7
15	10.5
20	14
25	17.5
30	21
35	24.5
40	28
45	31.5
50	35
55	38.5
60	42

FUENTE: Elaboración propia.

En la Tabla 5.4 se muestra el tiempo de дрена miento que tiene la bomba centrífuga de succión en el sistema.

Tabla 5.4 Tiempo de succión de la bomba centrífuga - producto final.

SET POINT ALTIVAR 312(Drenaje)	L/min
10	3
20	6
30	9
40	12
50	15
60	18

FUENTE: Elaboración propia.

5.3 Pruebas del software.

El software de control del sistema piloto de dosificación está dividido en tres partes:

- El proceso de programación en el PLC.
- La comunicación entre el PLC, una interface HMI y una interface Wincc con SCADA.
- La configuración de la red en el TIA portal.

De la misma forma, se realizaron pruebas separadas por cada segmento de programa para detectar posibles fallas y verificar los resultados. En la siguiente Figura se muestran las pruebas realizadas con satisfacción:

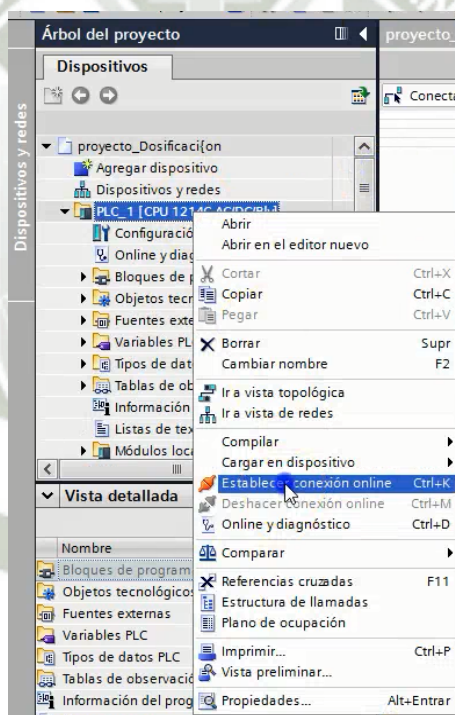


Figura 5.6 Establecimiento online del sistema piloto y el software TIA portal.

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

El Software TIA portal en la Figura 5.7 nos muestra que no existen errores en la compilación de todo el programa, por ende ingresamos a nuestra red online (Figura 5.6) con nuestro ordenador y el PLC satisfactoriamente sin errores.

En la figura 5.8, el check de color verde nos indica que los dispositivos funcionan correctamente y sin errores.

Vista general de la red						
Conexiones						
Relaciones						
Comunicación E/S						
VPN						
Propiedades						
Información						
Diagnóstico						
General						
Referencias cruzadas						
Compilar						
Compilación finalizada (errores: 0; advertencias: 0)						
Ruta	Descripción	Ir a	?	Fallos	Adverten...	Hora
PLC_1				0	0	20:47:38
Bloques de programa				0	0	20:47:38
automatico (OB123)	Bloque compilado correctamente.			0	0	20:47:39
Main (OB1)	Bloque compilado correctamente.			0	0	20:47:45
Compilación finalizada (errores: 0; advertencias: 0)				0	0	20:47:46

Figura 5.7 Compilación satisfactoria de los bloques principales del programa sin errores.

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.

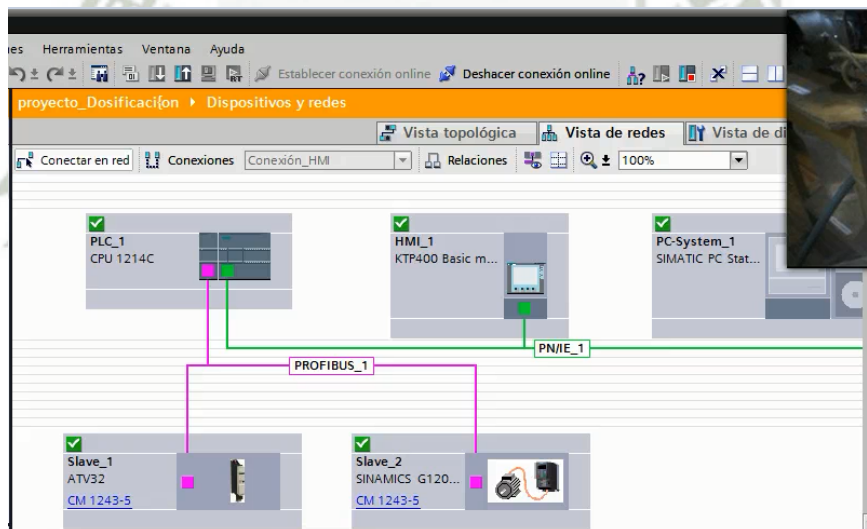


Figura 5.8 Levantamiento de la red profibus/profinet online con éxito.

FUENTE: Programación en TIA portal V.12, realizado por Daniel F.Pacha.



CAPITULO 6

6 ANÁLISIS ECONÓMICO

A continuación, presentamos la lista de los materiales y equipos aproximados en cuanto al costo de cada uno de los elementos utilizados en la implementación de este proyecto.

NOTA:

El software utilizado, puede ser descargado gratuitamente desde internet.

6.1 Instrumento de nivel y actuadores.

Tabla 6.1 Lista de costos de instrumentación.

1	DISPOSITIVO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	Sensor Ultrasónico de Nivel XX930A1A2M12 – Telemecanique	1	2.500	2.500
	Fuente de Poder Telemecanique ABL7 RE2402	1	1	135
			SUBTOTAL	2.635

Tabla 6.2 Lista de costos Bombas centrífugas.

2	ACTUADOR	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	Bomba Centrífugas GLONG GTP70/75	2	500.00	1000.00
			SUBTOTAL	1000.00

Tabla 6.3 Lista de costos Motor y reductor EPLI y variadores de velocidad Schneider-Siemens.

3	ACTUADOR	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	Motor EPLI ½ HP	1	450.00	450.00
	Reductor EPLI SAC: ISO 9001	1	350.00	350.00
	Bomba Peristáltica con Rodillo	1	60.00	60.00
			SUBTOTAL	860.00

5	ACTUADOR	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	ALTIVAR 32	1	1495.30	1495.30
	ALTIVAR 312	1	1,800.00	1800.00
	SINAMICS G120C	1	1350.00	1350.00
			SUBTOTAL	4645.3

Tabla 6.4 Lista de costos del mezclador y protección de sobre corrientes.

6	Actuador y componentes.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	Paleta de compuerta	1	25.00	25.00
	Motor 24v DC	1	15.00	15.00
	Relé controlado por transistor	1	5.00	5.00
	Resistencias	3	0.30	0.90
	Diodo LED	1	0.50	0.50
	Transistor	1	0.50	0.50
	Zócalo	1	0.50	0.50
	Diodo	1	0.50	0.50
	Borneras	3	2.00	2.00
			SUBTOTAL	49.90

6.2 Módulo de control del PLC

Tabla 6.5 Lista de costos PLC Siemens y módulos I/O.

4	DISPOSITIVO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	Módulo de memoria PLC Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RELE	1	1000.00	1000.00
	Módulo de expansión SM 1234 AI 4x13bit /AQ 2x14bit	1	800.00	800.00
	Módulo de comunicación CM 1243-5 PROFIBUS DP MASTER.	1	500.00	500.00
	Fuente LOGO POWER input AC 120/230 output VDC24/1.3Amp.	1	200.00	200.00

	Llave Termo magnética SIEMENS 2 A	2	80.00	80.00
	Cable de conexión PROFIBUS IEC 61158-2	4 mts	62.50	250.00
	Conector SIEMENS PROFIBUS DP 180° IP 20	3	66.37	199.11
			SUBTOTAL	3029.11

Tabla 6.6 Lista de costos de la Interfaz hombre-máquina (HMI).

8	HMI	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	Panel de Operador KTP400 Basic	1	1,750	1,750.00
			SUBTOTAL	1,750.00

Tabla 6.7 Lista de costos del convertidor de señal análoga.

7	PLACA DE CIRCUITO CONVERTIDOR CORRIENTE A VOLTAJE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	Placa de PBC	1	3.50	3.50
	LM358	1	1.50	1.50
	Condensadores	1	2.50	2.50
	Resistencias	1	0.30	0.30
	Zócalo	1	0.50	0.50
	Regulador de Voltaje 78L18	1	1.50	1.50
	Potenciómetros Multivuelta	2	3.00	3.00
	Transistor BC485	1	0.50	0.50
	Diodo	1	0.50	0.50
	Borneras	3	2.00	2.00
			SUBTOTAL	15.80

Tabla 6.8 Lista de costos de soportes para dispositivos de control, actuadores y tanques.

9	SOPORTES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	Modulo Madera	1	80.00	80.00
	Materiales Varios(tubos PVC, micas, codos PVC , baldes, tanques de vidrio)	1	100.00	100.00

	SUBTOTAL	180.00
--	----------	--------

10	REDES Y COMPUTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	Switch D-Link Encore	1	70,00	70.00
	Materiales Varios	1	3,00	3.00
			SUBTOTAL	73.00

FUENTE: Elaboración propia.

TOTAL COSTO HARDWARE = S/.14,265.11 soles





CAPITULO 7

CONCLUSIONES

- Se logró diseñar e implementar el sistema de supervisión monitoreo y control de un dosificador industrial de líquidos basados en dispositivos siemens y Schneider.
- El sistema de control implementado es robusto y apto para implementarse en ambientes industriales, ya que la mayoría de los equipos cuentan con normas técnicas.
- Se demostró que es posible diseñar e implementar una bomba peristáltica para dosificación de líquidos viscosos a un costo accesible.
- Se demostró que es posible integrar distintas marcas y modelos de actuadores a una red PROFIBUS, tan solo conociendo los telegramas y direcciones de estos controladores.
- Se ha llevado a cabo la supervisión remota entre el sistema piloto y un ordenador (PC/PG) mediante Ethernet industrial (PROFINET)
- La programación en KOP en el software TIA portal ayudó a minimizar errores en la configuración de parámetros y al momento de iniciar el proceso de dosificación.
- Se ha llegado a la conclusión que utilizando la red industrial PROFIBUS/PROFINET se reduce el costo en cableado y mantenimiento.

RECOMENDACIONES

- En el desarrollo del presente trabajo se utilizó tanques de vidrio para demostración de mezclado y almacenamiento, por lo que se recomienda utilizar tanques mezcladores de “INOX” industriales de forma cilíndrica para la correcta homogenización de líquidos.

- Se recomienda usar una bomba dosificadora normada y de marca reconocida, si se quiere llevar a cabo un proceso continuo.
- El sistema de comunicación del sensor (0-10v/4-20mA) es analógico, es decir punto a punto y no puede comunicarse con otros equipos de la red. Entonces se recomienda usar el protocolo HART para dotar de capacidad de comunicación digital a los sistemas analógicos existentes.
- Para utilización del software TIA portal V12 o V13 se recomienda el uso de un ordenador con un procesador Intel Core i7 o superior, 12GB DDR3 SDRAM a 1600Mhz 6 x 2048MB, 1 TB Disco Duro y placa de video de 2GB.
- Al momento de la instalación de los conectores Sub-D 9 de profibus se recomienda revisar y/o habilitar los terminadores resistivos de los conectores.
- En el sistema se está utilizando equipos con tensiones de 220 y 380, así como también sistemas mecánicos que podrían causar lesiones hasta incluso la muerte, por lo que se recomienda leer los manuales de usuario de los equipos de fuerza y seguir las instrucciones de seguridad antes de manipular cualquier dispositivo en el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL Ramón Pallás Areny 4ta edición.
- [2] AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES Emilio Rojas Moreno 1era Ed. México Diciembre 2004.
- [3] MANDADO E. y otros: Controladores Lógicos y Autómatas Programable. Marcombo. 1ra ed. Barcelona 1990.

- [4] BOMBAS. TEORÍA DISEÑO Y APLICACIONES. Manual Viejo Zubicaray. 3ra Edición Mexico 2004
- [5] SISTEMAS SCADA GUÍA PRÁCTICA. Aquilino Rodriguez Penin. 1ra edición. Barcelona 2008.
- [6] COMUNICACIONES INDUSTRIALES. Aquilino Rodriguez Penin. Barcelona 2008.

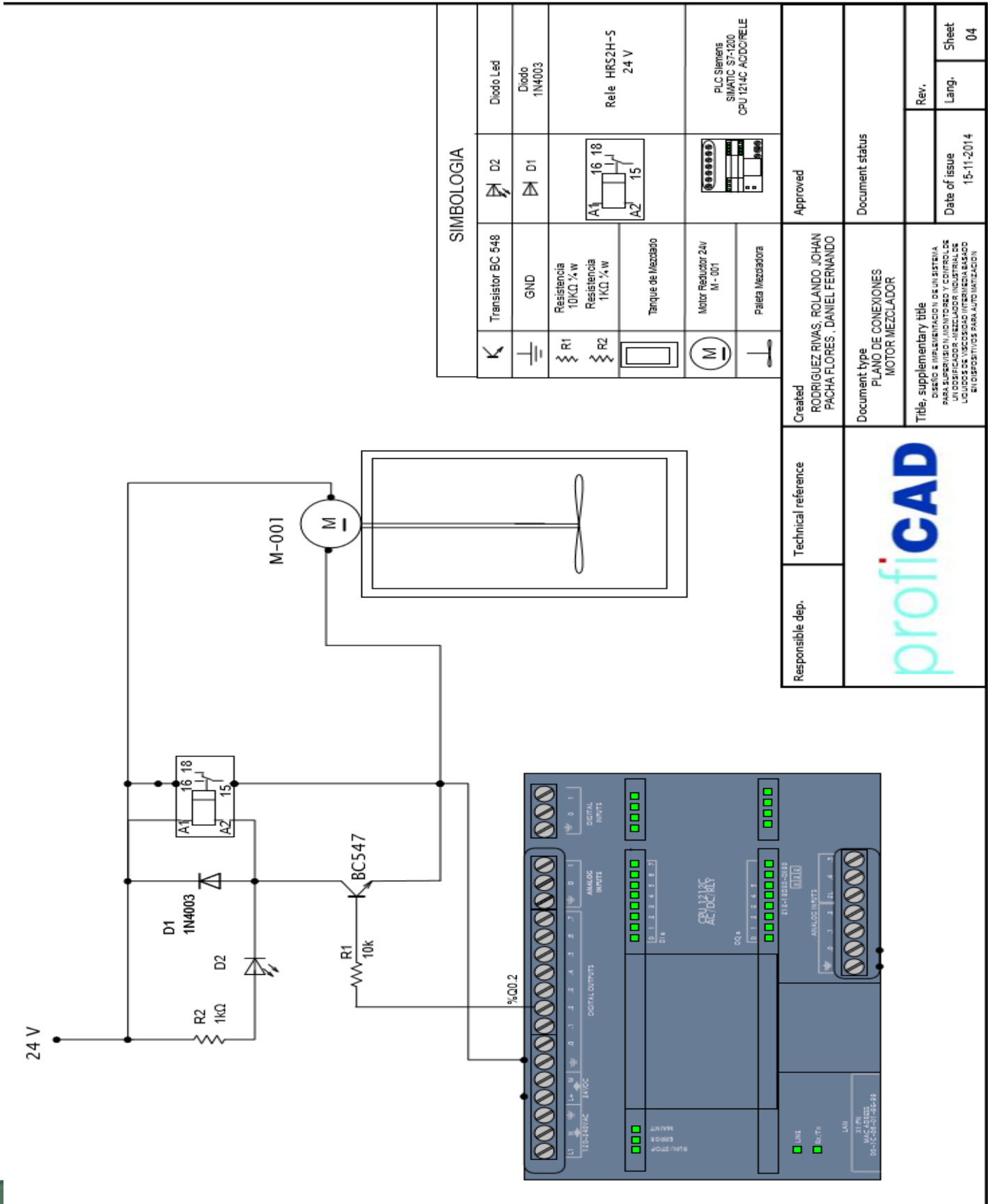
WEBSITE VISITADAS.

- <http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/pe>
- <http://www.schneider-electric.com/download/ww/en/details/2113632-ATV32-PROFIBUS-DP-GSD-Files-V105>
- <http://www.siemens.com/answers/pe/es/>
- <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&objid=65601780&nodeid0=29157783&caller=view&switchLang;65601780;5.x=34&switchLang;65601780;5.y=4&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&objaction=csopen&extranet=standard&viewreg=WW>
- <http://www.directindustry.es/>
- <http://procesosbio.wikispaces.com/Agitador>
- <http://www.glong-motor.com/>
- www.quiminet.com/articulos/principio-del-funcionamiento-de-las-bombas-peristalticas-32722.htm
- <http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia-portal/pages/default.aspx>
- <http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/pe/>
- http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_simatic-wincc_en.pdf

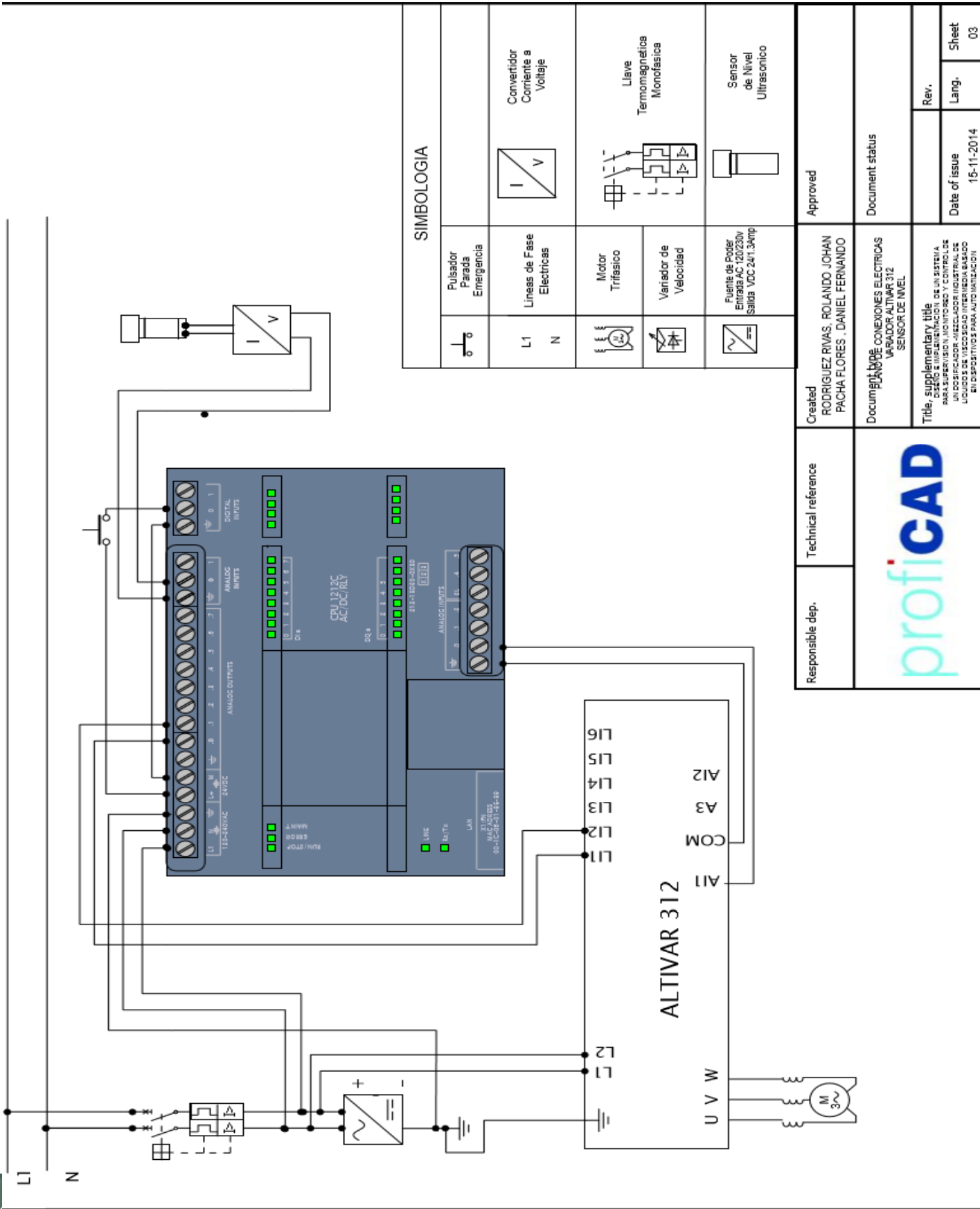
ANEXOS



ANEXO Plano de conexiones motor-mezclador.

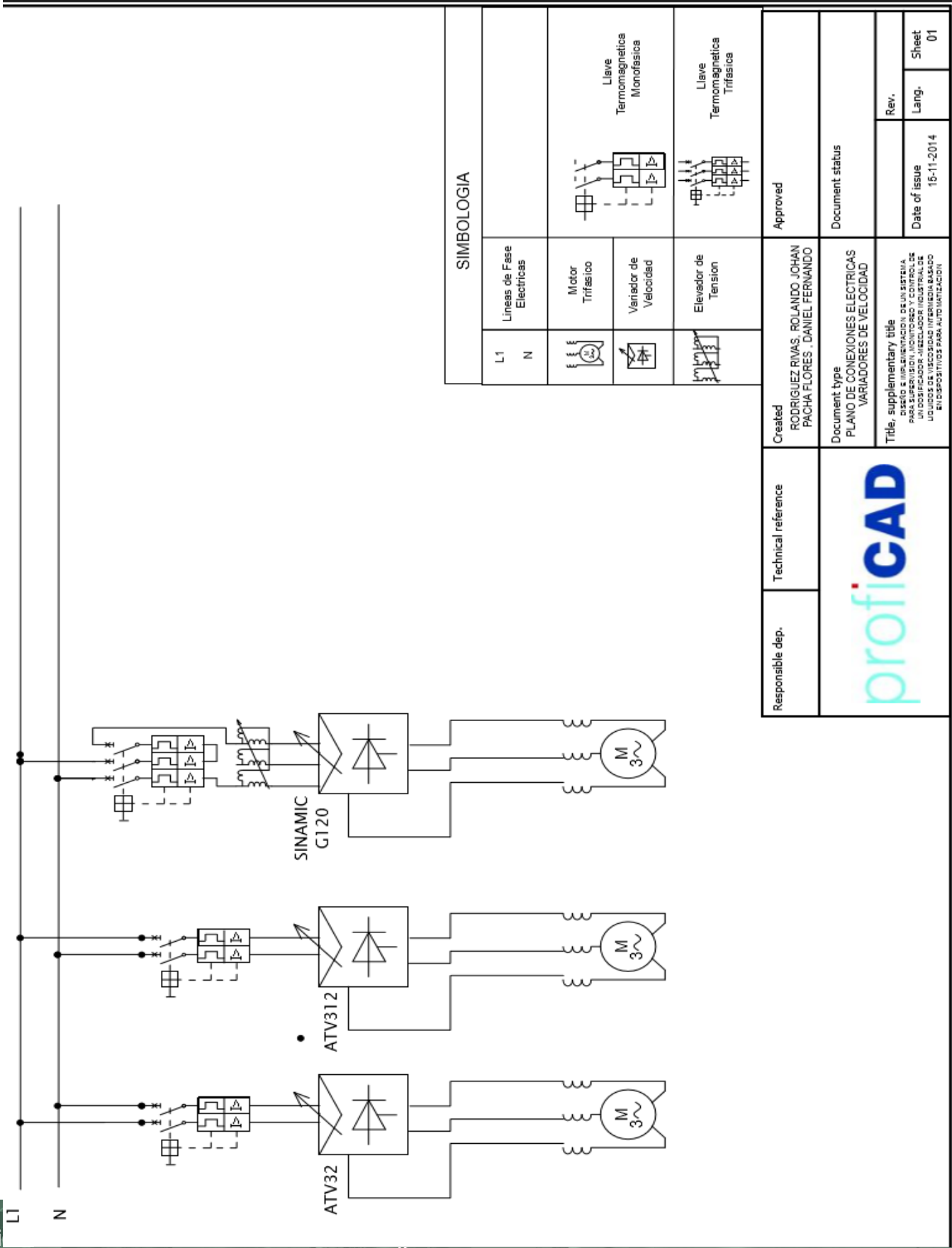


ANEXO Plano de conexiones eléctrico variador altivar 312 y sensor de nivel.

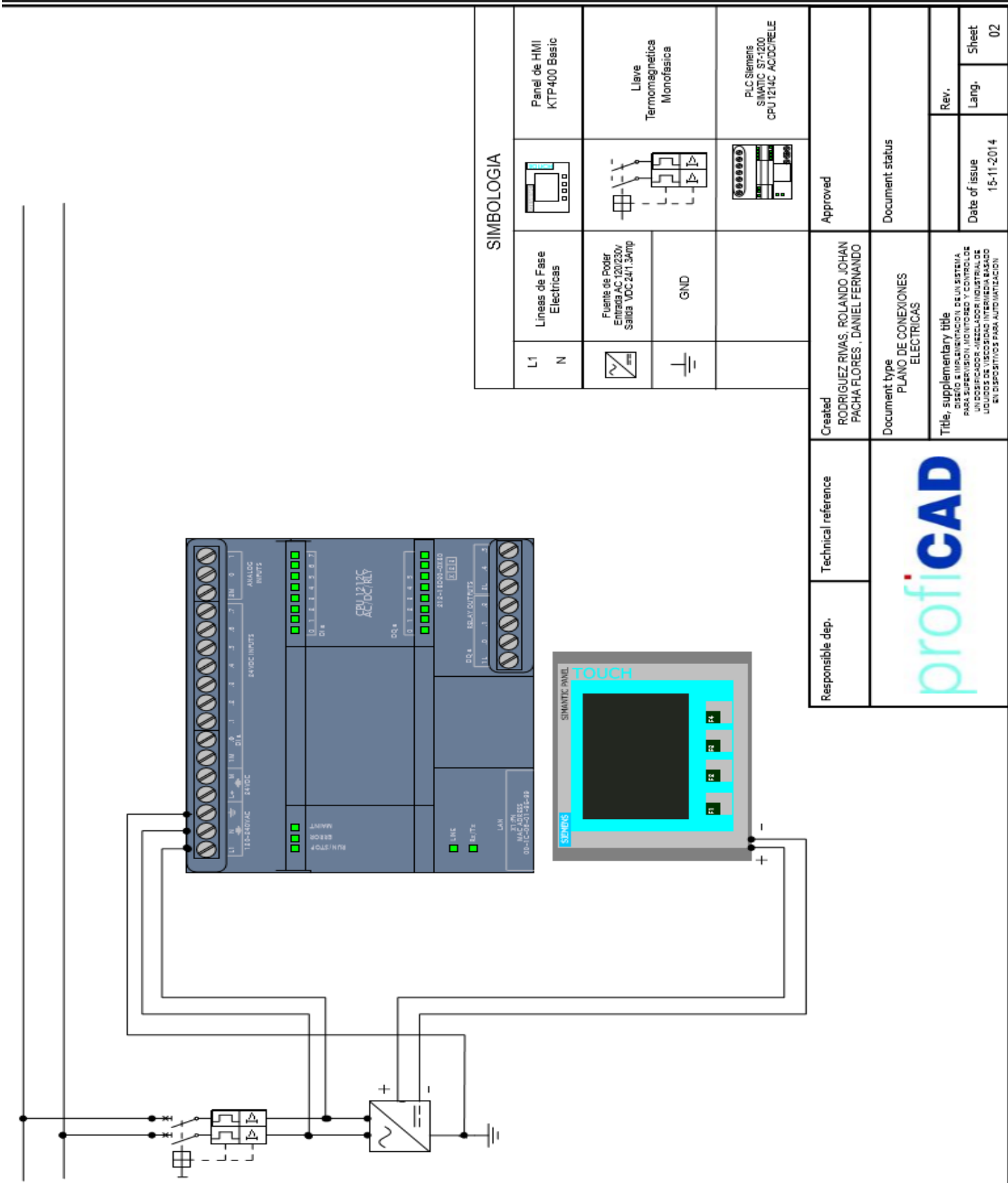


Responsible dep.	Technical reference	Created	Approved
		RODRIGUEZ RIVAS, ROLANDO JOHAN PACHA FLORES, DANIEL FERNANDO	
Document type		Document status	
FUENTE DE CONEXIONES ELECTRICAS VARIADOR ALTIVAR 312 SENSOR DE NIVEL			
Title, supplementary title		Rev.	Sheet
DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PARA SUPERVISION, MONITORIO Y CONTROL DE UN CONVERTIDOR INVERTIDOR INDUSTRIAL DE LARGA CARGA PARA EL CONTROL DE EN DISPOSITIVOS PARA AUTOMATIZACION		Date of issue 15-11-2014	03

ANEXO Plano de conexiones eléctricos variadores de velocidad.




ANEXO Plano de conexiones eléctricas del PLC y HMI.



Responsible dep.

Technical reference



Created
RODRIGUEZ RIVAS, ROLANDO JOHAN
PACHA FLORES, DANIEL FERNANDO

Document type
PLANO DE CONEXIONES
ELECTRICAS

Title, supplementary title
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
PARA SUPERVISIÓN, MONITOREO Y CONTROL DE
UN PROCESADOR INDUSTRIAL DE
LÍQUIDOS DE VISCOSIDAD INTERMEDIA BASADO
EN DISPOSITIVOS PARA AUTOMATIZACIÓN

Approved

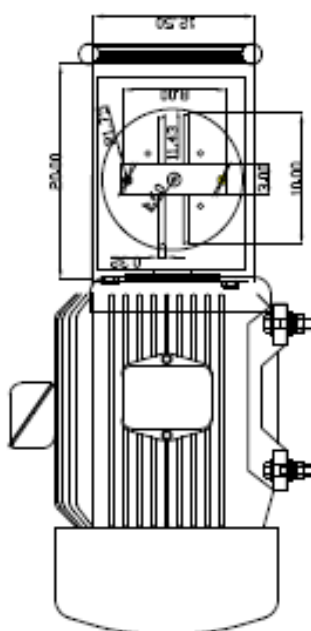
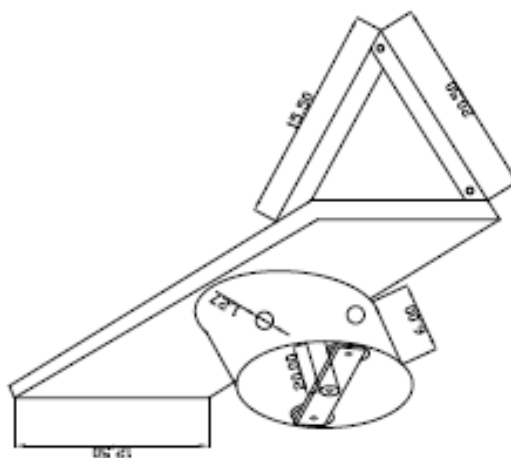
Document status

Rev.

Date of issue
15-11-2014

Lang.

Sheet
02



Proyecto 1

Mule :	Bomba Peristaltica
Fecha :	18-10-2014

Elaborado :	Rolando Rodriguez Rivas Daniel Pachá Flores	Plano : N° 3
-------------	--	--------------

Altivar 32

Variadores de velocidad Altivar 32 y control de movimiento Lexium 32

Guía de elección

Áreas de aplicación	Comunes	Impresión, gestión de materiales, transporte, cintas transportadoras, embotella, textiles, etc.
	Específicas	Máquinas elevadoras, máquinas de tratamiento de madera o metal, etc.
Tipo de tecnología	Variadores de velocidad Altivar 32 sin sensor (control de velocidad)	



Rango de potencia para línea de alimentación de 50...60 Hz (kW)			0,18...15
	Monofásica 100...120 V (kW)		–
	Monofásica 200...240 V (kW)		0,18...2,2
	Trifásica 380...480 V (kW)		–
	Trifásica 380...500 V (kW)		0,37 ...15
Variador	Velocidad del motor		0,1...500 Hz
	Tipo de control	Motor asincrónico	Ley tensión/frecuencia: U/f y U/15 puntos Control vectorial sin sensor /o/ ley cuadrática (bomba/ventilador) Ley de ahorro energético
		Motor síncrono	Ley para motores síncronos sin sensor.
	Sensor del motor	Integrado	–
		Disponible de forma opcional	–
	Sobrepotencia transitoria		170...200% del par motor nominal
Corriente de pico		–	
Número de funciones			150
Funciones de seguridad	Integradas		1: STO (Safe Torque Off, desconexión segura) 3: SLS (Safe Limited Speed, limitación velocidad segura), SD (Safe Direction Information, información de dirección segura), SS1 (Safe Stop 1, parada segura 1)
	Disponible de forma opcional		
Número de E/S	Entradas	Análogas	3
		Lógicas	6
	Salidas	Análogas	1: configurable como una tensión (0-10 V) o corriente (0-20 mA)
		Lógicas	1
	Salidas de relé		2
Comunicación	Integrada		Modbus, CANopen
	Disponible de forma opcional		DeviceNet, PROFIBUS DP V1, EtherNet/IP, Modbus TCP, EtherCat (▲)
	Bluetooth link*		Integrado
Opciones			Software de configuración SoMove Herramienta de configuración Multi-Loader Terminal de visualización gráfico Filtros, resistencias de frenado, inductancias de línea, ...
Normas y homologaciones			IEC 61800-5-1, IEC 61800-3 (armonicos 1 y 2, categoría C2), UL 508C, EN 954-1 categoría 3, ISO/EN 13849-1/-2 categoría 3 (PL d), IEC 61508 (partes 1 & 2) nivel SIL 2, borrador de la norma EN 50426E
Referencias			UL, CSA, C-Tick, NOM, GOST ATV 32

Ficha de producto

Características

ATV312HU15M2

variador de velocidad ATV312 - 1,5 kW - 3,2
kVA - 90 W - 200..240 V - monofásico



Principal

Estatus comercial	Comercializado
Gama de producto	Altivar 312
Tipo de producto o componente	Variador de velocidad
Destino del producto	Motores asincrónicos
Aplicación específica producto	Mquina simple
Estilo de conjunto	Con disipación de calor
Nombre de componente	ATV312
Potencia del motor en kW	1.5 kW
Potencia del motor en CV	2 hp
Tensión de alimentación	200...240 V (-15...10 %)
Frecuencia de alimentación	50...60 Hz (-5...5 %)
Número de fases de la red	Monofásico
1 autoadhesivo junta	15.8 A para 200 V, 1 kA 13.3 A para 240 V
Filtro CEM	Integrado
Potencia aparente	3.2 kVA
Máxima corriente transitoria	12 A para 60 s
Potencia disipada en W	90 W en carga nominal
Rango de velocidades	1...50
Perfil de control de motor asincrónico	Definido de fábrica: torque constante Control de vector de flujo sin detector con sensor control de motor de tipo PWM
Consecutivo, seguido, continuo, adosado	1, 2, 3, U, V, W, PA, P, PA, PC - Terminal 5 mm AWG 10 AI1, AI2, AI3, A, V, A, C, 1A, 1, 1C, 2A, 2, 11... 16 Terminal 2.5 mm AWG 14
Alimentación	Alimentación interna para potencia metro de referencia (2.2-10 kVA) en 10-10.8 V 10 mA para protección de sobrecarga cortocircuito Alimentación interna para entradas lógicas en 19...30 V 100 mA para protección de sobrecarga cortocircuito
Protocolo de puerto de comunicación	CANopen Modbus
Dosímetros laterales	IP41 sobre la parte superior IP31 sobre la parte superior IP21 en terminales de conexión IP20 sobre la parte superior sin placa cubierta
Tarjeta opcional	Profibus DP tarjeta de comunicación Modbus TCP tarjeta de comunicación Fipio tarjeta de comunicación DeviceNet tarjeta de comunicación Encadenamiento CANopen tarjeta de comunicación

Datos de selección y pedido

Datos nominales				Referencia	Tamaños		Dimensiones			
P_n kW	P_n Hp	$I_{L0, out}$ A	$I_{M0, out}$ A				A_n	A_l	P	
Tensión de alimentación trifásica 380–480 V							mm	mm	mm	
0,55	0,75	1,7	1,3	6SL3210-1KE11-8		0	FS A	73	195	200
0,75	1,0	2,2	1,7	6SL3210-1KE12-3		0				
1,1	1,5	3,1	2,2	6SL3210-1KE13-2		0				
1,5	2,0	4,1	3,1	6SL3210-1KE14-3		0				
2,2	3,0	5,6	4,1	6SL3210-1KE15-8		0				
3	4,0	7,3	5,6	6SL3210-1KE17-5		0				
4	5,0	8,8	7,3	6SL3210-1KE18-8		0	FS B	100		
5,5	7,5	12,5	8,8	6SL3210-1KE21-3		0				
7,5	10,0	16,5	12,5	6SL3210-1KE21-7		0				
11	15,0	25,0	16,5	6SL3210-1KE22-6		0	FS C	140	295	
15	20,0	31,0	25,0	6SL3210-1KE23-2		0				
18,5	24,0	37,0	31,0	6SL3210-1KE23-8		0				

Filtro CEM

Filtro CEM incorporado de clase A/C2

A

Versión sin filtro

U

Interfaz de comunicación integrada

RS485 con USS, Modbus RTU

B

SUB-D con PROFIBUS-DP

P

SUB-D con CANopen

C

Datos técnicos	
Tensión/frecuencia	Trifásica 380–480 V –20% +10% con 50/60 Hz +/–5%
Rango de potencia	0,55–18,5 kW/0,7–24 Hp
Potencia de sobrecarga	Para $I_{M0, out}$: 2,0 x $I_{L0, out}$ durante 3 s y después 1,5 x $I_{L0, out}$ durante 57 s en ciclo 300 s Para $I_{L0, out}$: 1,5 x $I_{L0, out}$ durante 3 s y después 1,1 x $I_{L0, out}$ durante 57 s en ciclo 300 s
Grado de protección	IP20/UL open type
Temperatura ambiente	0° a 40 °C sin derating/hasta 60 °C con derating
CEM	Según IEC 61800-3, clase 2 con un filtro CEM interno
Long. del cable al motor	50 m (apantallado)/100 m no apantallado
Normas	CE, UL
Entradas/salidas de señal	6 entradas digitales; 2 salidas digitales; 1 entrada analógica; 1 salida analógica
Funciones de seguridad	Safe Torque Off (STO)
Métodos de regulación	Vector, U/f, U/f ECO
Funciones de energía	Calculadora de ahorro energético, calculadora de consumo energético, reducción automática de flujo
Función	Consigna de velocidad fija, mando a 2/3 hilos, regulador PID, mando de freno de mantenimiento del motor
Frenado	Chopper de freno integrado

Opciones		
Resistencia de freno		
FS A	0,55–1,5 kW	6SL3201-0BE14-3AA0
FS A	2,2–4 kW	6SL3201-0BE21-0AA0
FS B	5,5–7,5 kW	6SL3201-0BE21-8AA0
FS C	11–18,5 kW	6SL3201-0BE23-8AA0
Reactancia de línea		
FS A	0,55–1,1 kW	6SL3203-0CE13-2AA0
FS A	1,5–4 kW	6SL3203-0CE21-0AA0
FS B	5,5–7,5 kW	6SL3203-0CE21-8AA0
FS C	11–18,5 kW	6SL3203-0CE23-8AA0
BOP-2	Basic Operator Panel	6SL3255-0AA00-4CA1
IOP	Intelligent Operator Panel	6SL3255-0AA00-4JA0

Persona de contacto:

Product data sheet

Characteristics

XX930A1A2M12

ultrasonic sensor cylindrical M30 - Sn 1 m -
M12 connector



Main

Range of product	OilSense XX
Sensor type	Ultrasonic sensor
Series name	General purpose
Sensor name	XX9
Sensor design	Cylindrical M30
Detection system	Diffuse
[Sn] nominal sensing distance	1 m adjustable with teach push-button
Material	Plastic
Type of output signal	Analogue
Wiring technique	4-wire
Analogue output function	4...20 mA
[Us] rated supply voltage	15...24 V DC with reverse polarity protection
Electrical connection	Male connector M12 4 pins
[Sd] sensing range	0.051...0.991 m
Beam angle	10 °
IP degree of protection	IP65 conforming to IEC 60529




Complementary

Enclosure material	ULTEM
Front material	Silicone
ISO thread	M30 x 1.5
Supply voltage limits	10...28 V DC
[Sa] assured operating distance	0.051...0.991 m (teach mode)
Blind zone	0...51 mm
Transmission frequency	200 kHz
Repeat accuracy	0.9 %
Deviation angle from 90° of object to be detected	-8...8 °
Minimum size of detected object	Cylinder diameter 1.6 mm up to 635 mm sensing distance
Status LED	1 LED (yellow) for output state 1 LED (green) for supply on 1 LED (dual colour) for setting-up assistance
Current consumption	60 mA
Maximum switching capacity	10...500 Ohm with overload and short-circuit protection
Setting-up	Slope selection using teach button
Delay first up	720 ms
Delay response	25 ms
Delay recovery	25 ms
Marking	CE
Threaded length	45 mm
Height	35 mm
Width	35 mm
Depth	85 mm
Product weight	0.095 kg

PROFIBUS Redes eléctricas (RS 485)

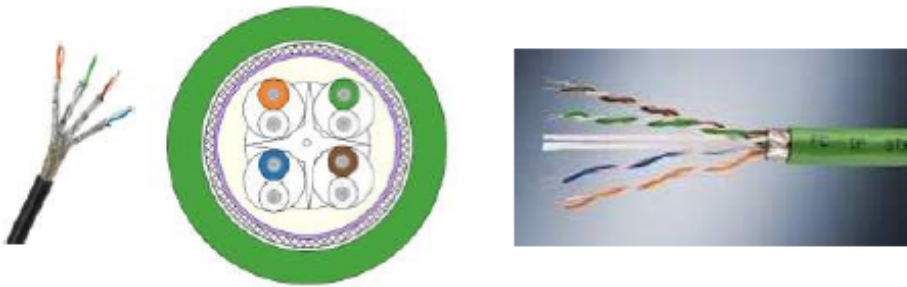
Cables de bus

Datos técnicos

Tipo de cable ¹⁾	PROFIBUS FC Standard Cable	PROFIBUS FC Robust Cable	PROFIBUS FC Food Cable
			
Áreas de aplicación	universal	entornos sometidos a cargas químicas y mecánicas	industria alimentaria
Atenuación			
• a 16 MHz	< 42 dB/km	< 42 dB/km	< 42 dB/km
• a 4 MHz	< 22 dB/km	< 22 dB/km	< 22 dB/km
• a 9,6 kHz	< 2,5 dB/km	< 2,5 dB/km	< 2,5 dB/km
Impedancia característica			
• a 9,6 kHz	270 ± 27 Ω	270 ± 27 Ω	270 ± 27 Ω
• a 38,4 kHz	185 ± 18,5 Ω	185 ± 18,5 Ω	185 ± 18,5 Ω
• a 3 hasta 20 MHz	150 ± 15 Ω	150 ± 15 Ω	150 ± 15 Ω
valor nominal	150 Ω	150 Ω	150 Ω
Resistencia del bucle	≤ 110 Ω/km	≤ 110 Ω/km	≤ 110 Ω/km
Resistencia del apantallamiento	≤ 9,5 Ω/km	≤ 9,5 Ω/km	≤ 9,5 Ω/km
Capacidad de servicio a 1 kHz	aprox. 28,5 nF/km	aprox. 28,5 nF/km	aprox. 28,5 nF/km
Tensión de servicio (valor eficaz)	≤ 100 V	≤ 100 V	≤ 100 V
Tipo de cable (designación normalizada)	02YSY (ST) CY 1 x 2 x 0,64/2,55-150 KF 40 FR VI	02YSY (ST) CY 1 x 2 x 0,64/2,55-150 KF 40 FR VI	02YSY (ST) CY 1 x 2 x 0,64/2,55-150 KF 40 FR VI
Cubierta			
• Material	PVC	PUR	PE
• Diámetro	8,0 ± 0,4 mm	8,0 ± 0,4 mm	
• Color	violeta	violeta	negro
Condiciones ambientales adm.			
• Temperatura de servicio	-40 °C a +60 °C	-40 °C a +60 °C	-40 °C a +60 °C
• Temp. transporte y almacenam.	-40 °C a +60 °C	-40 °C a +60 °C	-40 °C a +60 °C
• Temperatura de tendido	-40 °C a +60 °C	-40 °C a +60 °C	-40 °C a +60 °C
Radio de flexión			
• Flexión una vez	≥ 75 mm	≥ 75 mm	≥ 75 mm
• Flexión varias veces	≥ 150 mm	≥ 150 mm	≥ 150 mm
Fuerza máxima de tracción	100 N	100 N	100 N
Peso	76 kg/km	73 kg/km	67 kg/km
Composición sin halógenos	no	no	no
Combustibilidad	no propagador de llama según VDE 0482-266-2-4, IEC 60332-3-24	no propagador de llama según VDE 0482-265-2-1, IEC 60332-1	inflamable
Listing UL / Rating 300 V	si / CM/CMG/PLTC/Sun Res	si / CMX	no
UL-Style / 600 V Rating	si	no	no
Estabilidad a aceites minerales y grasas	limitadamente estable	buena estabilidad	limitadamente estable
Estabilidad a rayos UV	no	si	si
Exento de silicona	si	si	si
Configuración de cables FastConnect	si	si	si



Versión 4 pares



Versión cables 4 pares			
Diseño	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Tipo de instalación	Instalación fija. Ningún movimiento después de instalación	Uso flexible, movimiento ocasional o vibración	Uso extra flexible, movimiento permanente, vibración o torsión
Formación del conductor	AWG23/ 1	AWG23/ 7	AWG24/ ...
Diámetro exterior cable	5,5 ± 9,0mm		Aplicación específica
Coloración cubierta	Verde (RAL 6018)		Aplicación específica
Coloración conductores	Blanco/(naranja), Naranja Blanco/(Verde), Verde Blanco/(Azul), Azul Blanco/(Marrón), Marrón		
Diseño del cable	4 pares		
Retardo señal entre pares	<= 20ns/100m		
Apantallamiento	Encintado aluminio + trenza de cobre		Aplicación específica

